

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727 - 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL TRAMO CARRETERO EL PAPAYO - MEZA DE CAZARES - LA CIENEGA DEL KM. 6 + 500 AL 9 + 500 EN EL MPIO. DE TARETAN, MICH.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Apolo Godínez Arredondo.

Asesor:

Ing. Sandra Natalia Parra Macias

Uruapan, Michoacán, 2008.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a Dios por haber iluminado mi camino, a mis padres por haberme dado su confianza y más aún al haberme apoyado a pesar de todos los problemas y obstáculos que se presentaron a lo largo de mi formación profesional y a toda mi familia por creer en mí y porque también me apoyaron para que pudiera llegar hasta donde ahora estoy.

ÍNDICE

Introducción

Antecedentes.	1
Planteamiento.	2
Objetivos.	2
Pregunta de investigación.. . . .	3
Justificación.	3
Delimitación.. . . .	4

Capítulo 1.- Vías Terrestres.

1.1. Historia de los caminos.	5
1.2. Inventario de caminos.	6
1.3. Ingeniería de tránsito para el proyecto de caminos.	7
1.3.1. El problema del tránsito.	7
1.3.2. Elementos básicos del tránsito.	8
1.4. Velocidad.	17
1.4.1. Velocidad del proyecto.	17
1.4.2. Velocidad de operación.	17
1.4.3. Velocidad de punto.	18
1.4.4. Velocidad efectiva global.	18
1.5. Volumen de tránsito en caminos.	18
1.5.1. Conteos de tránsito.. . . .	19
1.5.2. Estudios de origen y destino.	19
1.6. Densidad de tránsito.	20
1.7. Derecho de vía.	20
1.8. Capacidad y nivel de servicio en los caminos.	21

1.9. Distancia de visibilidad del conductor.	23
1.9.1. Distancia de visibilidad de parada.	23
1.9.2. Distancia de visibilidad de rebase.	24
1.10. Mecánica de suelos.	25
1.10.1. Estructura y granulometría de suelos gruesos.	25
1.10.2. Estructura y granulometría de suelos finos.	26
1.10.3. Relaciones volumétricas de los suelos.. . . .	27
1.10.4. Curva granulométrica.	30
1.11. Plasticidad.	31

Capítulo 2.- Drenaje.

2.1. Antecedentes.	34
2.2. Objetivo de un buen sistema de drenaje.	34
2.3. Hidrología.	35
2.3.1. Ciclo hidrológico del agua.	35
2.3.2. Fisiografía de la cuenca hidrológica.	36
2.3.3. Pendiente de la cuenca.	37
2.3.4. Parámetros del cause principal.	38
2.3.5. Precipitación.. . . .	40
2.3.6. Escurrimiento.	43
2.3.7. Infiltración.	46
2.3.8. Aguas subterráneas.	48
2.3.9. Avenidas de diseño.. . . .	48
2.3.10. Métodos para obtener avenidas de diseño.	49
2.3.11. Tránsito de avenidas.	51
2.4. Obras de drenaje en los caminos.	51
2.5. Drenaje superficial.	52

2.5.1. Cunetas.	52
2.5.2. Contracunetas.	55
2.5.3. Bombeo.	56
2.5.4. Lavaderos.	56
2.5.5. Alcantarillas.	57
2.6. Métodos para el cálculo de una alcantarilla.	58
2.6.1. Pendiente de una alcantarilla.	63
2.6.2. Tipos de alcantarillas.	63
2.6.3. Muros de cabeza.	63
2.8. Puentes..	64
2.9. Drenajes subterráneos.	68

Capítulo 3.- Marco de Referencia.

3.1. Generalidades..	70
3.2. Resumen ejecutivo.	70
3.3. Entorno geográfico.	71
3.4. Informe fotográfico.	72
3.5. Estudio de tránsito.	73

Capítulo 4.- Metodología y Análisis.

4.1. Método empleado.	74
4.2. Enfoque de la investigación.	74
4.2.1. Alcance de la investigación.	75
4.3. Diseño de la investigación.	75
4.4. Instrumentos de recopilación de datos.	75
4.5. Descripción del proceso de investigación.	76
4.6. Diseño del proyecto.	77

4.7. Diseño de cunetas.	78
4.8. Diseño de alcantarillas.	82
4.9. Bombeo del camino.	93
4.10. Diseño de lavaderos.	94
Conclusión.. . . .	97
Bibliografía.. . . .	100

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis titulado Diseño del sistema de drenaje del tramo carretero El Papayo - Meza de Cázares - La Ciénega del km. 6 + 500 al 9 + 500 en el Mpio. de Taretan, Mich., se tuvo como objetivo el diseño del sistema de drenaje por medio de cálculos para mejor funcionalidad de la vía de comunicación; desarrollando para este trabajo de investigación en el capítulo 1, lo relativo a las Vías terrestres, observando los aspectos principales que se deben tomar en cuenta para una vía carretera; por otra parte, en el capítulo 2 se abordó la teoría de drenaje para carreteras.

En lo que se refiere a la ubicación geográfica y topográfica del tramo en diseño, esto está contenido en el capítulo 3 con el título de Marco de referencia.

En el capítulo 4 se indica la metodología usada en este trabajo, que fue el método matemático cuantitativo apoyado en el método analítico, siendo una investigación no experimental, elaborando un diseño de drenaje idóneo respaldado en la teoría recabada en el capítulo 2 y que apoyado en los programas de computadoras se realizaron los cálculos necesarios para la realización de las obras de drenaje para una vía de comunicación segura y funcional.

De esta manera, se considera que este trabajo beneficiará a la comunidad de Ingeniería Civil, estudiantes de Ingeniería Civil, la población del tramo carretero o usuarios que circulen en el tramo carretero. Dentro de lo que cabe mencionar, en la presente investigación se tiene como principal alternativa la colocación de elementos de drenaje para tener una segura circulación del usuario y un menor deterioro en la vía de comunicación lo que repercute en la vida útil del camino, impactando además en el aspecto económico.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

Desde la invención de la rueda surgió la necesidad de tener vías terrestres de comunicación y éstas fueron evolucionando desde brechas, terracerías, carreteras y autopistas hasta el día de hoy. En esta evolución se observó el deterioro de los caminos por consecuencia de las lluvias o flujos de agua que tenían contacto con la superficie del camino, aunado a esta observación se vio la necesidad de un sistema de drenaje. Conforme con William W. Hay (1961), la primer finalidad para éste es mantener el agua lo más lejos de la estructura del camino, para lo cual se requiere una serie de alcantarillas y cunetas.

De acuerdo con Frederick S. Merrit (1999) a un camino se le debe dar una correcta inclinación para que el agua drene, alejándose de los carriles y los acotamientos de la carretera y para que ha continuación se lleve a los canales del sistema de drenaje, los cuales pueden ser cunetas de tierra natural o de concreto. Para después descargar a una masa de agua adyacente. Estos deben tener la suficiente capacidad para soportar los flujos de agua de las lluvias torrenciales.

Sin embargo, en México se han hecho pocas investigaciones sobre el diseño de drenaje en carreteras, entre ellas aparece la titulada: Análisis y diseño de drenaje en carreteras; registrada en la UNAM; en cuanto a la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco A. C. no existen tesis relacionadas con este tema, por lo cual la presente innovará en este sentido; ya que las que existen son de drenaje urbano y no carretero.

Planteamiento del problema.

Es de mucha importancia el drenaje en vías terrestres, ya que sin éste se puede provocar un problema directo en la carretera, tanto en su estructuración, superficial como interna, ocasionando una inseguridad para los usuarios de la vía de comunicación y afectando su vida útil, teniendo un rápido deterioro que repercute en el aspecto económico a largo plazo para las poblaciones interesadas. Por lo que con esta investigación se pretende establecer cuál es el diseño idóneo del sistema de drenaje para el tramo carretero El Papayo – Meza de Cázares – La Ciénega del Km. 6+500 al 9+500 en el Mpio. de Taretan, Mich.

Objetivos.

Se tendrán como objetivos para el desarrollo de este trabajo los siguientes.

Objetivo general: Diseñar por medio de cálculos el sistema de drenaje para el tramo carretero El Papayo – Meza de Cázares – La Ciénega del Km. 6+500 al 9+500 en el Mpio. de Taretan, Mich.

Objetivos específicos:

- 1.- Establecer qué es un sistema de drenaje.
- 2.- Identificar las diferentes obras para un buen sistema de drenaje.
- 3.- Definir qué es un desagüe superficial y desagüe subterráneo.
- 4.- Calcular las cuencas de aportación necesarias para el cálculo.

Pregunta de investigación.

En la presente investigación se tratará de dar respuesta a varias interrogantes que guiarán a un diseño de drenaje, siendo estas preguntas las siguientes:

¿Qué es una vía terrestre?

¿Cuál es el objetivo de un sistema de drenaje?

¿Para qué sirve un sistema de drenaje?

¿Cuál es la ventaja de un sistema de drenaje?

¿Cuál es el diseño que se debe hacer para un sistema de drenaje?

¿Cuáles son las principales obras de drenaje superficial?

Justificación.

El sistema de drenaje en una vía terrestre es importante, ya que con éste se tiene una seguridad para el usuario de la carretera, también aumenta la vida útil de la misma, evitando un deterioro en un corto plazo, lo que en consecuencia genera un ahorro económico.

Además, el presente estudio pretende beneficiar la estabilidad de la carretera, favorecer la población en general y aportar una investigación a la comunidad universitaria, así como en lo particular ayudar al investigador al resolver las dudas que originaron esta tesis.

Delimitación.

La presente investigación solo comprende el diseño del sistema de drenaje, del tramo carretero El Papayo – Meza de Cázares – La Ciénega del Km. 6+500 al 9+500 ubicado en el Mpio. de Taretan, Mich. Esta tesis es aplicable para las condiciones geográficas, climatológicas en el momento y el lugar en que se realizó. Beneficiando a todos los que circulen por esta vía de comunicación.

Para recaudar información se utilizaron obras de diferentes autores entre los más importantes destacan:

Mier S. José Alfonso	Introducción a la Ingeniería de Caminos
Arias Rivera Carlos	Cuaderno de Trabajo de Comportamiento de Suelos
Aparicio Mijares J.	Fundamentos de Hidrología de Superficie
Crespo Villalaz Carlos	Vías de Comunicación
Hernández S. Roberto	Metodología de la Investigación

CAPÍTULO 1

VIAS TERRESTRES

En el presente capítulo abordará lo referente a las vías terrestres, de su historia hasta los elementos básicos y más importantes en la realización de el proyecto de un camino.

1.1. Historia de los caminos.

Los caminos existen desde tiempos remotos, de acuerdo con Mier (1987), provienen desde la invención de la rueda hace alrededor de unos 5000 años A. C. en Asia Menor, cuando se vio la necesidad de un área de rodamiento para las carretas de cuatro ruedas.

Sin embargo, los caminos en México surgieron con la llegada de los españoles, conforme con lo dicho por Etcharren (1969), puesto que en nuestro país no se conocía la rueda como tal para el uso de vehículos para el transporte. Pero si contaban con diversos caminos, senderos, calzadas y veredas. Conforme con Mier (1987) con la colonización de la nueva España hubo un mejoramiento de los caminos que ya existían y se crearon muchos mas todos con el fin de la explotación económica del país para beneficiar a la madre patria.

El tipo de vehículo fue evolucionando en nuestro país desde carretas que eran jaladas por animales de carga hasta la aparición de los automóviles se tubo la necesidad de adaptar los caminos ya existentes para el uso de estos automotores y se tuvieron que crear mas caminos con exigencias mejores.

1.2. Inventario de caminos.

Con la finalidad de obtener la cantidad de caminos existentes en algún determinado estado o región, se tiene que realizar un inventario de caminos, en semejanza con Mier (1987) los datos más importantes que se deben tener para la realización de este son: planta y perfil del camino, configuración del terreno por donde se cruza, características del área de rodamiento, sección transversal, señalamiento, visibilidad, obras de drenaje, entronque y cruces, características de los pueblos o ciudades por las que pasa el camino, uso de suelo alrededor del camino y algún otro dato que tuviera importancia para la vía de comunicación.

La capacidad de un camino es una aplicación de un inventario de caminos, de acuerdo con Mier (1987) esta incluye las características geométricas del camino y las características del tránsito que rodará por él.

Las características geométricas más importantes que contribuyen para la capacidad son: la sección transversal del camino, ancho y número de carriles, ancho de vía, estado y ancho de acotamientos, alineamientos horizontal y vertical y la visibilidad para el rebase.

Otra aplicación de un inventario de caminos en conformidad con Mier (1987), se pueden determinar las condiciones de trabajo del camino en algún tiempo determinado a partir de la fecha de realización del inventario, además de hacer los trabajos que sean necesarios para el mantenimiento, construcción y/o mejoramiento del camino, con el fin de que tenga un buen funcionamiento, evitando congestionamientos y lo más importante evitando accidentes.

Este inventario de caminos debe mantenerse actualizado conservándose un adecuado registro de los caminos, para esto es necesario recaudarlos en la dependencia correspondiente con el fin de tener el estado de las carreteras en todo momento.

1.3. Ingeniería de Tránsito para el proyecto de caminos.

La Ingeniería de Tránsito de acuerdo con Mier (1987), se define como una rama de la ingeniería que es dedicada al movimiento de personas y vehículos, que circulan por los caminos haciendo lo de una manera segura, eficaz, libre y rápida.

1.3.1. El Problema del Tránsito.

En conformidad con Mier (1987), esto radica en la gran variedad de tamaños y modelos entre los vehículos que existen y las carreteras o caminos inapropiados por los que estos circulan. Estos caminos son inapropiados o extemporáneos por el tiempo de su construcción fue hace bastante tiempo y aunque algunos fueron mejorados, no satisfacen a la gran variedad de modelos de vehículos existentes puesto que estos fueron evolucionando variando su tamaño y aumentando su velocidad de tránsito, provocando así que las viejas carreteras recaigan en el problema del tránsito.

Los factores más importantes que intervienen en el problema de tránsito en similitud con el Institute of Traffic Engineers (1965) son: la variedad de tipos de vehículos que circulan por el mismo camino, como los son automóviles, camiones,

motocicletas, etcétera; vías de comunicación extemporáneas u obsoletas para los vehículos, mal trazo en los caminos, carreteras deterioradas y con pendientes muy grandes, calles con mal trazo y con banquetas insuficientes, falta de planificación en el tránsito del camino, las anticuadas especificaciones de construcción, la falta de educación vial y carencia de leyes y reglamentos de tránsito adecuados para los usuarios del camino.

Todo esto se resume en un congestionamiento vial, además de una pérdida de tiempo y lo más importante en la causa de accidentes ocasionando pérdida de vidas humanas.

La solución más práctica actualmente y de bajo costo de acuerdo con Mayor (1974), es en utilizar al máximo las condiciones existentes y un mínimo de construcción de obras y un máximo en la disciplina del tránsito: se deben imponer leyes y reglamentos adecuados para las necesidades del tránsito, promover la educación vial, la circulación de vehículos en calles con un solo sentido, la colocación adecuada de semáforos en los cruces e intersecciones y un buen señalamiento en las calles y carreteras.

1.3.2. Elementos básicos del tránsito

El usuario.

El usuario es un factor crítico para el proyecto de una vía de comunicación, este puede ser el peatón o el conductor.

a). **El peatón.**

Este debe tener una buena educación vial puesto que está directamente expuesto a sufrir un accidente que le pudiera costar la vida, que se podría evitar si se tiene una correcta disciplina vial.

b). **El conductor.**

El conductor es la persona que tiene al alcance el control del vehículo, así como lo es su movimiento en general, por lo cual es fundamental para el proyecto de un camino. Su manejo puede variar según el estado emocional y físico del mismo, por consiguiente se analizaran dos características críticas: la visibilidad y el tiempo de reacción.

Visibilidad.

El sentido de la vista es el más importante para poder conducir ya que sin este prácticamente sería imposible poder manejar un automóvil. Para analizar este sentido de acuerdo con la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (1974) se debe contemplar:

- La agudeza visual. Es importante puesto que la agudeza visual es clara hasta 10 grados de ahí en adelante disminuye rápidamente, por lo cual los señalamientos deben ser diseñadas dentro del cono de esta visión.
- El movimiento del ojo. Es tomada la velocidad y el tiempo del movimiento de los ojos del conductor para tener una visión clara, así como en los siguientes casos: cuando el ojo debe fijarse en un objeto

que va a ser visto, para saltar de un punto fijado al siguiente, el movimiento armónico de las pupilas al seguir un objeto en movimiento, el movimiento de la cabeza, el movimiento por alguna clase de estímulo.

- La visión periférica. El ángulo de visión periférica en conductores según estudios que se practicaron es de 120 y 160 grados y este disminuye al incrementar la velocidad desde 100 a 40 grados, de 30 a 100 km/h respectivamente. En algunos casos del tránsito se confía en la visión periférica, siendo lo correcto apoyarse en el cono de la agudeza visual ya que esta varía menos con la velocidad.
- Visión en condiciones de deslumbramiento. Estos deslumbramientos piden al conductor un esfuerzo adicional por el cambio de luz, ya sea por pasar por un túnel en una carretera o por las luces de los demás vehículos. Para el proyecto de tránsito este problema debe ser tomado en consideración.
- Percepción del espacio. Esto es la necesidad que tiene el conductor para percibir su espacio como por ejemplo: la tensión por ver a través de humo o neblina es necesario obtener ángulos visuales grandes.
- Altura del ojo del conductor. Es importante para el proyecto de carreteras puesto que es necesario para realizar el cálculo de la distancia de visibilidad.

Tiempo de reacción del conductor.

La reacción del conductor es una respuesta a sus estímulos y a su estado nervioso o psicológico. En conformidad con la SCT (1974), es un corto tiempo entre ver, oír o sentir y comenzar un acto físico a la respuesta de un estímulo en una situación de tránsito, mientras mas difícil sea esta situación el conductor requiere de mayor tiempo para incluir todos los factores que la influyan y por consiguiente mas tiempo para la reacción, con fin de hacerlo de la forma mas segura. El tiempo de reacción del conductor, "puede variar desde 0.5 segundos para situaciones simples, hasta 3 ó 4 segundos para situaciones mas complejas". (S C T; 1974: 67).

De lo anterior se observa que es un factor de interés para un buen proyecto el tiempo de reacción, puesto que éste interviene en la distancia de visibilidad y el tiempo de parada o arranque en alguna determinada situación de tránsito.

El Vehículo.

El vehículo es indispensable para el proyecto de un camino ya que este es el que va a circular por el mismo y se deben tomar en cuenta su variedad y características de circulación, así como el conductor que lo opera.

De acuerdo con la SCT (1974), los vehículos se dividen en los siguientes:

- Vehículos ligeros estos pueden ser de carga o pasajeros los cuales cuentan con dos ejes y cuatro ruedas y van desde automóviles hasta camionetas de carga ligera.

- Los vehículos pesados tienen como fin el transporte de pasajeros o de carga, de dos o más ejes y más de cuatro ruedas, en esta clase de vehículos se encuentran los autobuses y camiones.
- Los vehículos especiales son los que usualmente no circulan por los caminos tales como lo son remolques especiales de minería, maquinaria pesada, maquinaria agrícola, etc.

Las características geométricas de los vehículos de acuerdo con Mier (1987), son determinadas por:

- Las dimensiones del vehículo. Debido a la gran evolución del vehículo es difícil seleccionar uno en común por lo cual se toman las características de un vehículo promedio de los construidos, prestando atención a sus exigencias futuras para que la vía de comunicación sea útil para las siguientes generaciones.
- Los radios de giro. Ya que este es el círculo que forman los ejes en alguna trayectoria determinada. Debe tomarse en cuenta el radio de giro mínimo del vehículo de proyecto pues esta es la limitación para que este gire.

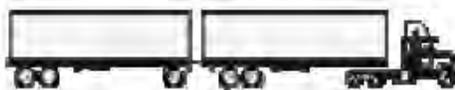
Figura No. 1. Clasificación de los vehículos.

AUTOBÚS (B)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
B2	2	6	
B3	3	8 ó 10	
B4	4	10	

CAMIÓN UNITARIO (C)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2	2	6	
C3	3	8-10	

CAMIÓN - REMOLQUE (C - R)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2-R2	4	14	
C3-R2	5	18	
C2-R3	5	18	
C3-R3	6	22	

TRACTOCAMIÓN ARTICULADO			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1	3	10	
T2-S2	4	14	
T3-S2	5	18	
T3-S3	6	22	

TRACTOCAMIÓN DOBLEMENTE ARTICULADO			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1-R2	5	18	
T3-S1-R2	6	22	
T3-S2-R2	7	26	
T3-S2-R3	8	30	
T3-S2-R4	9	34	
T3-S3-S2	8	30	

Las características de operación están ligas a la relación peso/potencia (peso del vehiculo en kilogramos y potencia del motor en H. P.), ya que de ésta depende la aceleración y desaceleración rápida o lenta del vehiculo de proyecto.

El Camino.

El camino es un área modificada para el correcto rodamiento o circulación de determinados vehículos.

Para su clasificación en conformidad con Mier (1987) serán las siguientes:

- clasificación por su transitabilidad. Tomando como transitables todo el tiempo los caminos pavimentados y revestidos; y las terrecerías transitables solo en tiempo de secas.
- clasificación SCT. Conforme a el tránsito diario promedio anual (TDPA):

Tipo A: Con TDPA de 3,000 vehículos en adelante.

Tipo B: Con TDPA de 1,500 a 3,000 vehículos.

Tipo C: Con TDPA de 500 a 1,500 vehículos.

Tipo D: Con TDPA de 100 a 500 vehículos.

Tipo E: Con TDPA de hasta 1 00 vehículos.

Se tomo en cuenta un 50% de vehículos comerciales y considerando el terreno como lo siguiente:

M= montañoso, L= lomerío y P= plano.

- clasificación por su capacidad. Según la capacidad del camino son clasificados en: brechas, caminos de 2 carriles y autopistas (de 4 o mas carriles).
- clasificación administrativa. serán clasificados como: caminos federales, caminos de cooperación bipartita, caminos de cooperación tripartita y caminos de cuota.

1.4. Velocidad.

La velocidad es también un componente indispensable para el proyecto de caminos, ésta se define como una distancia entre el tiempo que se tardo en recorrerla.

1.4.1. Velocidad de proyecto.

Es la velocidad máxima a la cual el vehiculo puede circular con seguridad en determinado tramo del camino y esta se utiliza para los elementos geométricos de la vía de comunicación.

En concordancia con Mier (1987) la velocidad de proyecto depende principalmente de la topografía y del tipo de camino interviniendo en éste el volumen de tránsito, es conveniente utilizar para el proyecto de un camino siempre y cuando la topografía lo permita una misma velocidad de proyecto, de no ser así se deberá tener un cambio no muy brusco que permita al conductor adaptarse a esta nueva velocidad gradualmente.

1.4.2. Velocidad de operación.

Es la velocidad máxima real a la que circula un vehículo en un tramo de camino determinado, bajo las condiciones de tránsito sin rebasar la velocidad de proyecto.

Cuando el tránsito es bajo la velocidad de operación es muy cercana a la velocidad de proyecto, por lo contrario cuando hay demasiado volumen de tránsito la velocidad de operación disminuye considerablemente.

1.4.3. Velocidad de punto.

Es la velocidad de un vehículo al pasar por un punto del camino, esta se puede calcular sacando el promedio de las velocidades tomadas en un punto.

La velocidad de punto sirve para calcular la velocidad en ciertos puntos del camino como lo son intersecciones, curvas, desniveles, etc.

1.4.4. Velocidad efectiva global.

De acuerdo con Mier (1987) la velocidad efectiva global es el promedio de la velocidad que mantuvo el vehículo en el transcurso de su recorrido, esta se calcula dividiendo la distancia entre el tiempo transcurrido para el recorrido incluyendo paradas y demoras ocasionadas por el tránsito.

La velocidad global se considera para comprobar la fluidez en ciertas rutas, ya sea unas con otras o en aquellas que se hayan tenido modificaciones y observar el efecto que tubo esta.

1.5. Volumen de transito en caminos.

El volumen de tránsito se define como la cantidad de vehículos que pasan por un punto dado de un camino en uno o varios sentidos, durante un periodo determinado de tiempo. El volumen de tránsito se deriva en: volumen diario promedio anual (VDPA), volumen máximo horario anual (VMHA) y volumen horario de proyecto (VHP).

El VDPA es la cantidad de vehículos que pasan por un punto dado del camino, durante 365 días (1 año). El VMHA es la cantidad de vehículos que pasan por un

punto dado durante una hora, los 365 días del año. El VHP es el volumen horario de proyecto de tránsito que sirve para determinar las características del proyecto de un camino.

1.5.1. Conteos de tránsito.

Estos conteos o volúmenes de tránsito pueden obtenerse por medio de estadísticas o directamente por conteos de tránsito.

Conteos. Es la manera mas sencilla y económica de realizar el conteo manualmente, estos se realizan en un tiempo de 5 a 10 días continuos procurando que sea los fines de semana, es preferible que sea durante las 24 horas diariamente. Este tipo de muestreos son muy erróneos puesto que se tienen diferentes volúmenes de tránsito en las diversas estaciones, meses del año, eventos de importancia, etc.

En la actualidad existen contadores mecánicos como lo son los contadores neumáticos, contadores electromagnéticos, contadores de presión-contacto, los cuales facilitan el conteo de tránsito y son mas exactos puesto que funcionan los 365 días del año y se pueden obtener registros de cierto tramo carretero especificando hora y fecha.

1.5.2. Estudios de origen y destino.

En similitud con Mier (1987) los estudios origen y destino se consideran como los mas exactos para el aforo de vehículos, puesto que por estos se dan a conocer los volúmenes de tránsito, los tipos de vehículos su origen y destino, tipo de carga y tonelaje, numero de pasajeros, productos transportados y la marca de los vehículos.

Entre las aplicaciones mas importantes de estos estudios destacan saber la demanda en una ciudad para utilizar mayor o menor grado en una cierta ruta, fijar rutas a través de la ciudad para separar los vehículos turistas y los vehículos pesados, localizar una nueva carretera o mejorar alguna y justificar la construcción de una nueva vía de comunicación.

De acuerdo con Mier, existen 4 maneras prácticas para realizar los estudios origen y destino; por medio de entrevistas directas al conductor, realizar al usuario un cuestionario en una estación de aforo, para que en el transcurso del viaje lo conteste y lo devuelva a la próxima estación, entrevistas personales hechas estadísticamente a usuarios del camino con la observación de las placas de los vehículos en diferentes puntos del camino.

1.6. Densidad del tránsito.

“La densidad es el número de vehículos que se encuentran en un tramo de un camino en un momento determinado”. (Mier; 1987: 55).

Para el proyecto de un camino se deben de tener claros los significados de volumen y densidad de tránsito, el volumen es el numero de vehículos que pasan por un camino en un tiempo determinado y la densidad es el numero de vehículos que permanecen en el tramo por unidad de longitud en un momento dado.

1.7. Derecho de vía.

Acorde con Mier (1987), se conoce como derecho de vía a un área de terreno de un ancho suficiente que se adquiere para alojar a una vía de comunicación y es

parte de la misma, atendiendo la seguridad del usuario, utilidades especiales y su eficiencia de servicio para México el derecho de vía cuenta con una amplitud mínima de 40 metros a cada lado del eje del camino.

El derecho de vía es diferente de acuerdo al tipo de camino que se trate dependiendo del fondo con el que se construya, puede ser federal, de cooperación bipartita o cooperación tripartita, para esto el ingeniero proyectista, debe conocer todos los reglamentos correspondientes para adquirir el derecho de vía.

1.8. Capacidad y nivel de servicio en los caminos.

En conformidad con la SCT (1974) en el proyecto y operación de los caminos y carreteras la demandad de tránsito ya sea presente o futura se considera como conocida. La eficiencia con la que un camino presta servicio a esta demanda se le conoce como capacidad, para calculo de ésta no solo se requieren conocimientos generales de características de la corriente de transito sino también del conocimiento de los volúmenes bajo una variedad de circunstancias físicas y operacionales, además de consideraciones tales como la calidad del nivel de servicio que se proporciona y el periodo de tiempo considerado debido a que la capacidad del camino es uno de los varios niveles de servicio al cual puede operar en esta vía de comunicación. Entendiendo como nivel de servicio “Las condiciones de operación que un conductor experimentará durante su viaje por una calle o carretera, cuando los volúmenes están por debajo de la capacidad de un camino determinado. Como las condiciones físicas del camino están fijas, el nivel de servicio de una carretera varia principalmente con el volumen de tránsito”. (SCT; 1974: 135)

La capacidad es el número máximo de vehículos que circula por una carretera o camino en un periodo de tiempo bajo condiciones de tránsito y de la carretera misma. Estos periodos acorde con Mier (1987) están definidos en periodos cortos como lo son una hora o menos, en donde la capacidad es el máximo tránsito sostenido para el lapso de tiempo especificado. Para periodos largos como son un día o un año, la capacidad del camino obedece a los deseos de los conductores ya que estos crean diferentes variaciones horarias y estacionarias diariamente. La capacidad también se pueda ver afectada por condiciones de la carretera como son especialmente el alineamiento horizontal y vertical además del número de carriles. Además de eso la capacidad del camino puede ser afectada por condiciones climatológicas como son las lluvias, la niebla, tormenta, el calor, la nieve, el smog, etc.

En el nivel de servicio intervienen factores como lo son, la velocidad, el tiempo de viaje, la seguridad, la libertad de manejo, las obstrucciones del tránsito, los costos de operación, etc. El nivel de servicio esta ligado principalmente a las características geométricas que tenga el camino, puesto que en terreno plano los vehículos pesados mantienen una velocidad semejante a la de los vehículos ligeros, en caminos en lomerío los vehículos pesados obligan a los vehículos ligeros a que disminuyan su velocidad en ciertos tramos de la carretera y en caminos montañosos los vehículos pesados circulan a velocidades muy bajas en tramos de gran longitud provocando que los vehículos ligeros circulen con velocidades semejantes a estos.

La capacidad de una carretera puede solucionar principalmente los problemas como son: en un proyecto la capacidad influye directamente en las características

geométricas del camino o carretera a construir, siendo estas las que nos permiten calcular el volumen de servicio o de tránsito aproximado, al volumen horario de proyecto. También cuando se requiere conocer las condiciones de operación de un camino que ya existe y la fecha probable en que este se saturará.

1.9. Distancia de visibilidad del conductor.

1.9.1. Distancia de visibilidad de parada.

“Es la necesaria para que el conductor de un vehículo moviéndose a la velocidad de proyecto, pueda detenerse antes de llegar a un objeto fijo en su línea de circulación”. (Mier ;1987: 93)

La distancia de visibilidad de parada (D_p) esta conformada por la suma de dos distancias que son: la distancia recorrida desde que el conductor observa un objeto en su camino; llamada distancia de reacción (d_r), y la distancia de frenado (d_f), la cual es la distancia recorrida hasta que el conductor aplica el freno del vehículo.

$$d_r = Kvt$$

Donde:

d_r = distancia de reacción

t = Tiempo de reacción (seg)

v = Velocidad del vehículo

K = Factor de conversión del Km/h a m/seg, igual a 0.278

La distancia de frenado se calcula:

$$d_f = V^2 / 254 (f + p)$$

Donde:

V = Velocidad del vehiculo (m/seg).

f = coeficiente de fricción longitudinal

p = pendiente de la carretera

Entonces la distancia de parada queda:

$$D_p = 0.278 Vt + (V^2 / 254 (f + p))$$

1.9.2. Distancia de visibilidad de rebase.

Es la distancia a la que el conductor observa que puede adelantarse a otro vehículo con seguridad de que no venga otro vehículo en sentido opuesto a el. Esta distancia, solo aplica en caminos o carreteras de dos carriles, puesto que en caminos de cuatro o mas carriles no hay peligro de interferir el tránsito en sentido opuesto, ya que un sentido tiene mas de un carril.

De acuerdo con la SCT (1984), se establecen los siguientes factores para la frecuencia y longitud de tramo de rebase, tales como son: la topografía de la carretera, la velocidad de proyecto, volumen de tránsito y el costo y el nivel del servicio, es preferible aportar tantos tramos de rebase como sea económicamente posible. Lógicamente cuando el volumen de transito es bajo o muy bajo estos tramos

de rebase son suficientes. Los tramos de rebases son con la finalidad de evitar filas de vehículos ligeros, detrás de vehículos pesados.

La distancia mínima de visibilidad de rebase es la suficiente para rebasar un solo vehículo y esta definida por

$$D_R = 4.5 V$$

En donde D_R es la distancia mínima de visibilidad de rebase en metros y V es la velocidad de proyecto en Km/h.

1.10. Mecánica de suelos.

La mecánica de suelos se define acorde con Arias (1984), como la rama de la ingeniería, que estudia la mecánica e hidráulica aplicada a problemas de ingeniería, que trata con sedimentos y otras acumulaciones que no son partículas sólidas producidas por la desintegración mecánica o química de las rocas que contengan o no materia orgánica (suelo).

1.10.1. La estructura y granulometría de suelos gruesos.

Se le nombra a aquellos cuyo rango de tamaño varía entre 0.74 y 0.76 mm su estructura es en la que sus partículas se apoyan una sobre la otra en forma continua y las fuerzas que existen entre estas se debe a su peso propio.

En el suelo grueso influyen generalmente los siguientes factores: las condiciones de drenaje; puesto que de acuerdo con Arias (1984), este suelo con efecto del agua es desfavorable ya que disminuye su resistencia al corte y aumenta su compresibilidad, capacidad del suelo ya que compactado es mas utilizado que en

su estado sólido, estratigrafía son las capas que lo forman, granulometría para diferenciar el tamaño de las partículas y su distribución granulométrica la resistencia de los granos, la forma y rugosidad entre los granos, ya que pueden variar.

1.10.2. Estructuración y granulometría en suelos finos.

La estructura de estos suelos es mucho más compleja que la de los suelos gruesos, pues esta depende de las fuerzas electromagnéticas propias de las partículas, de sus dimensiones y sus fuerzas de origen molecular ya que estas partículas son pequeñísimas y no pueden ser observadas a simple vista.

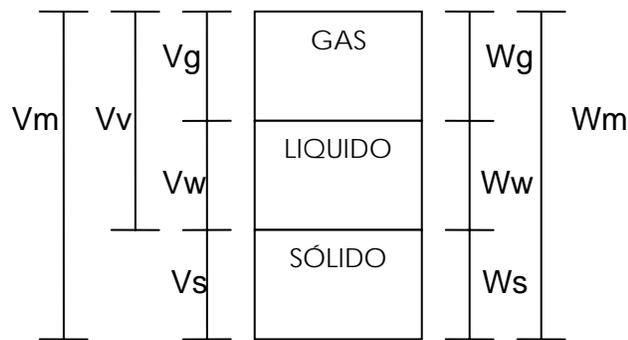
La granulometría en suelos finos es de un tamaño menor a 0.74 mm, ya que pasan la maya número 200 y se utiliza un procedimiento hidrométrico basado en la hipótesis de stockes en el cual se hace una mezcla homogénea de suelo y agua que nos dice que la velocidad de la sedimentación en las partículas grandes es mayor que las pequeñas. En suelos finos el comportamiento depende mas fundamentalmente de la forma y composición de las partículas ya que estos son mas compresibles y plásticos que los suelos gruesos, los suelos con partículas de forma redonda (limos) son menos compresibles que los suelos con partículas de forma laminar (arcillas), aunque estos tengan la misma granulometría no tienen la misma compresibilidad.

Las Arcillas, según Arias (1984), son suelos finos que presentan partículas generalmente de forma laminar, estas presentan un fenómeno electromagnético que generan una atracción al entrar en contacto con el agua las partículas equilibran sus cargas se percibe la repulsión entre ellas a consecuencia hay una concentración de

sales presentando una floculación, las partículas de arcilla quedan suspendidas o dispersas cuando no existe floculación y son menos compresibles, por lo que las arcillas deben de estar en contacto con el agua para tener mayor compresibilidad.

1.10.3. Relaciones volumétricas de los suelos.

En un suelo se tienen los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso) para facilitar las soluciones de los problemas del propio suelo y su posible comportamiento mecánico se han establecido relaciones entre el peso y el volumen de sus fases o estados, siendo de gran importancia para su estudio. Un suelo que incluye el estado sólido y líquido se denomina como suelo saturado, un suelo formado por las fases sólida y gaseosa es un suelo seco y uno constituido por las tres fases en un suelo parcialmente saturado.



En donde:

V_m = Volumen de la muestra.

V_v = Volumen de vacíos.

V_g = Volumen de gases (aire).

V_w = Volumen de líquidos.

V_s = Volumen de sólidos.

W_g = Peso de gases (nulo para fines prácticos).

W_w = Peso de sólidos.

W_m = Peso de la muestra.

Relación de vacíos. Es la relación de vacíos o poros su unidad de medida es adimensional y con teorías van de 0 a ∞ .

$$e = V_v / V_s$$

Porosidad. Es la relación que representa los huecos que tiene cada muestra de suelo y es la relación de volumen de vacíos y volumen de su masa, se maneja hipotéticamente en porcentaje de 0 a 100 %

$$n (\%) = V_v / V_m$$

Grado de saturación. Se denomina grado de saturación a la relación que hay entre el volumen de agua de un suelo y el volumen de vacíos este es expresado en % y nos indica que el suelo es seco (0%), parcialmente saturado (1 a 99%) y totalmente saturado (100 %).

$$G_w (\%) = (V_w / V_v) \times 100$$

Contenido de agua o humedad. Este surge de la relación del peso del agua entre el peso de la peso sólida, esta suele expresarse en porcentaje (de 0 a ∞) y es de gran ayuda para determinar el comportamiento de un suelo.

$$w (\%) = (V_w / W_s) \times 100$$

Peso específico húmedo. Es el peso total de la muestra del suelo entre el volumen de la misma, sus unidades son en ton/m³ usualmente.

$$Y_m = W_m / V_m$$

Peso específico seco. Se trata de dividir el peso de los sólidos entre el volumen total de la muestra de suelo, se expresa en ton/m³

$$Y_d = W_s / V_m$$

Peso específico sumergido. resulta de dividir es el peso total de la muestra entre el volumen de la misma menos el peso específico del agua ya que se trata de un peso sumergido en agua y que experimenta un empuje hacia arriba igual al peso volumétrico del agua ($Y = 1 \text{ ton/ m}^3$).

$$Y' = (W_m / V_m) - 1$$

Todas estas relaciones anteriores son muy importantes para la ingeniería de caminos, puesto que de estos, se obtiene su clasificación de acuerdo al SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), su peso volumétrico, el método por el cual van a ser compactados, la energía específica, la presión y el área de contacto, la humedad óptima para su máximo peso volumétrico, etc.

1.10.4. Curva granulométrica.

La gran diferencia de tamaños de las partículas, se constituyen en una distribución de un suelo la cual se expresa gráficamente mediante la curva de distribución granulométrica, para el trazo de esta curva, en el eje de las ordenadas se tiene el porcentaje en peso de las partículas y en el de las abscisas el tamaño que resulta es menor que el diámetro. A partir de esta curva pueden obtenerse dos importantes características de un suelo.

El Coeficiente de Uniformidad (C_u). Esta nos indica la extensión de la curva granulométrica a mayor longitud que esta tenga hay una mayor variedad de tamaños lo que nos indica un suelo bien graduado por ejemplo en arenas un C_u mayor o igual a 6 i gravas C_u mayor a 4.

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

El Coeficiente de Curvatura (C_c). Esta representa una curva granulométrica de distribución, en forma constante, sin escalones, se cumple en arenas y gravas cuando C_c se encuentra en Intervalo de 1 a 3.

$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60})$$

Donde:

D_{10} = al diámetro efectivo correspondiente a partículas por tamaño mayor o igual al 10% del total de partículas del suelo.

D_{30} = al diámetro de partículas del tamaño de mayor o igual al 30 % del total de las partículas del suelo.

Límite líquido (LL). Para su determinación se utiliza el método empírico de copa de casa grande, en el cual se coloca una mezcla homogénea de suelo, dentro de una copa y se enraza siendo dividida por una ranura aproximadamente de 11mm en la parte superior y 2mm en la parte inferior, el cual por medio de una leva levanta la copa y cae de repente repitiendo este procedimiento varias veces hasta que cierre la ranura. Cuando cierra la ranura se determina el contenido de agua siendo cuando se requiere 25 golpes para cerrarla, entonces se encuentra el límite líquido.

Límite plástico (LP). Su valor se determina con la colocación aproximada de un cm³ de mezcla agua suelo, sobre un vidrio pulido empezando a formar rodillitos de 3 mm de diámetro aproximadamente girándolos hasta que empiezan a agrietarse entonces se dice que han llegado al límite plástico obteniéndose rápidamente su contenido de agua.

Límite de contracción (LC). El volumen del suelo disminuye con la pérdida de agua y esto es a consecuencia de las fuerzas de tensión capilar, principalmente, por el agua interna. El límite de contracción es el agua contenida en el suelo, a partir del cual el volumen permanece constante, aunque la humedad disminuya, este límite se observa con el cambio de color del suelo, al irse secando gradualmente pasa de color oscuro a claro.

Los datos que arrojan el límite líquido y el índice de plasticidad son localizados en la carta de plasticidad en la cual se obtiene información a nivel cualitativo sobre el comportamiento del suelo. Esta anexa en la tabla del SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

CAPÍTULO 2

DRENAJE

Este capítulo abordará el tema drenaje en las vías terrestre, el cual es uno de los factores mas importantes para el desarrollo de un idóneo proyecto carretero, a continuación se analizarán los factores principales para el desarrollo de este tema.

2.1. Antecedentes.

Desde la necesidad de construir una vía de comunicación se observó la necesidad de evitar el deterioro del camino provocado por el agua, entonces surgió el drenaje en los caminos. De acuerdo con Crespo (2005) en un camino cuando el agua circula excesivamente destruye el pavimento y origina baches y esto significa que el agua debe escurrir por las obras de drenaje para evitar que reblandezca las terracerías y el camino pierda su estabilidad.

2.2. Objetivo de un buen sistema de drenaje.

En conformidad con Crespo (2005) el objetivo de un buen drenaje es evitar que el agua circule de manera excesiva provocando que en las zonas erosionadas, el agua empieza a dar lugar a la formación de baches. Y evitar que el agua de las cunetas reblandezca las terracerías disminuyendo el esfuerzo cortante del suelo originando asentamientos y daños en la estructura de la vía de comunicación, evitar deslaves por agua de arroyos en los terraplenes que pueda tener el camino.

Como norma clave para un buen sistema de drenaje cuando el camino sigue el cause de una corriente de agua o valle, las terracerías deben quedar a una altura

conveniente sobre el nivel máximo de aguas, además de evitar el paso en lugares sumamente húmedos donde pueda haber manantiales ambos aspectos son para evitar el problema de la estabilidad de las terracerías evitando que estas se humedezcan.

2.3. Hidrología.

Se entiende como hidrología la ciencia que estudia el agua sobre la tierra, su existencia, su uso, su distribución, su ciclo y su aprovechamiento. La hidrología es un elemento principal para el diseño de drenaje en las carreteras.

2.3.1. Ciclo hidrológico del agua.

El ciclo hidrológico, o ciclo del agua, es la suma del recorrido del agua a través del sistema Terrestre como se muestra en la figura.



El agua presente en los océanos y en los continentes pasa a la atmósfera como vapor mediante vaporización y en menor grado por transpiración (las plantas absorben agua del suelo por las raíces; el agua sube por el tallo y las hojas y se exuda como vapor de agua). El agua vuelve por condensación y mediante precipitaciones. El agua caída en la superficie terrestre desciende por las montañas en forma de ríos o se infiltra en el terreno en forma de aguas subterráneas por los acuíferos.

2.3.2. Fisiografía de la cuenca hidrológica.

En conformidad con Aparicio (1989) la cuenca hidrológica es el área o superficie que contribuye al escurrimiento de una corriente y que proporciona todo o parte del flujo de ella. La cuenca esta limitada por el parte aguas, que es la línea imaginaria que unen los puntos topográficos de mayor nivel y a su vez es la separación entre cuencas adyacentes

Características fisiográficas de una cuenca hidrológica:

- Área (Km²)

Pequeñas menor de 250 Km²

Grandes mayor a 250 Km²

- Pendiente de la cuenca

2.3.3. Pendiente de la cuenca.

De acuerdo con Aparicio (1989), para conocer la pendiente de una cuenca existen varios criterios para evaluarla. lo cual dará datos para un buen sistema de drenaje, estos son:

- Criterio de Alvord

$$S_c = \frac{DL}{A_c}$$

Donde:

D = Desnivel constante entre curvas de nivel.

L = Longitud total de curvas de nivel dentro de la cuenca (L).

A_c = Área de la curva (L²).

- Criterio de Horton

$$S_c = \frac{1}{2} \left(\frac{N_x D}{L_x} + \frac{N_y D}{L_y} \right)$$

$$S_c = \frac{1}{2} (S_x + S_y)$$

Donde:

N_x = Numero de intersecciones en la dirección x con las curvas de nivel.

N_y = Numero de intersecciones en la dirección y con las curvas de nivel.

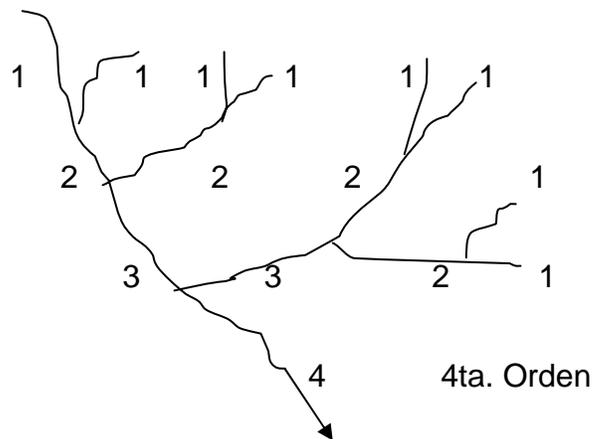
Lx = Longitud total en la dirección “x”.

Ly = Longitud total en la dirección “y”.

D = Desnivel constante entre curvas de nivel.

2.3.4. Parámetros del cause principal.

- Numero de orden. Se tomara como se muestra en la siguiente figura.



- Densidad de drenaje

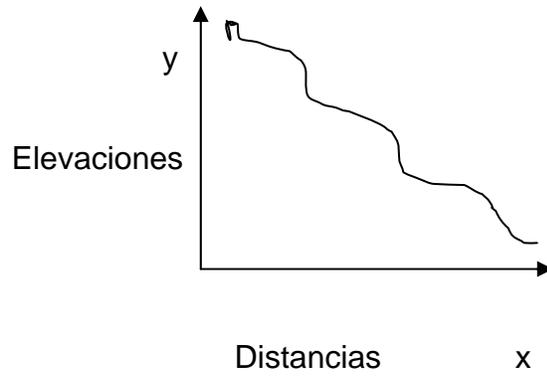
$$Dd = \frac{LT}{Ac}$$

Donde:

LT = Longitud total incluyendo tributarios.

Ac = Área de cuenca.

- Pendiente del cause



Métodos para calcular la pendiente

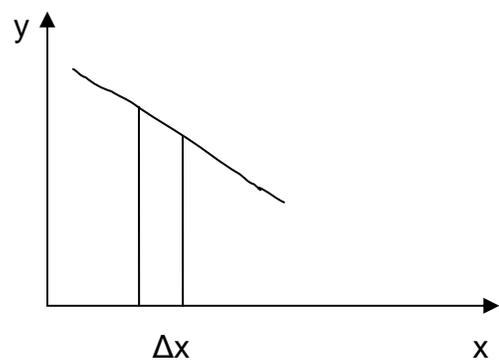
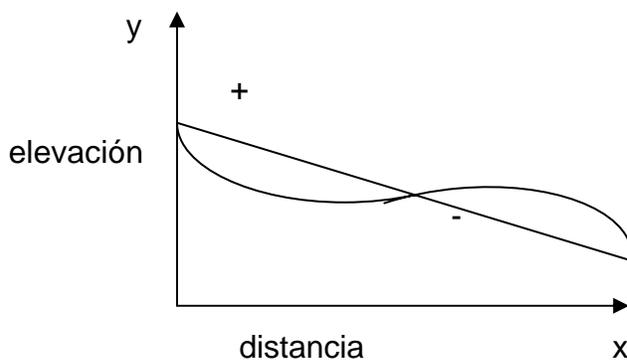
$$1) S_{\text{cause}} = \frac{\Delta H}{\text{Dist}}$$

Donde:

ΔH = Diferencia de elevaciones.

Dist. = Distancia

- 2) Compensando áreas



Si:

$\Delta x = \text{Constante}$

$$V_i = \frac{\Delta x}{\Delta L_i} = C\sqrt{S_i} R_i$$

$$V_i = \frac{\Delta x}{\Delta t_i} = K\sqrt{S_i}$$

$$\text{Tiempo total} = T = \frac{L}{K\sqrt{S_i}}$$

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

$$S_{\text{cause}} = \left[\frac{L}{M \frac{\Delta x}{\sum_{i=1}^M \sqrt{i}}} \right]^2$$

2.3.5. Precipitación.

Es un elemento climatológico que ayuda a definir el clima de un lugar. Su medición es con el objetivo de determinar volúmenes e intensidades de precipitación en un punto o zona determinada de la cuenca hidrológica.

Para la medición de la precipitación se tienen principalmente dos mecanismos: ubicados en diferentes estaciones climatológicas y en diferentes territorios y lugares.

1.- pluviómetros (se utiliza generalmente para registros diarios).

2.- pluviógrafos (se utiliza generalmente para registros a función del tiempo).

Los datos que estos aparatos de medición proporcionan y sirven para el cálculo, para encontrar la precipitación (h_p) y la precipitación media ($\overline{h_p}$).

Métodos para encontrar la precipitación media ($\overline{h_p}$).

De acuerdo con Aparicio (1989) existen tres métodos para encontrar la precipitación media ($\overline{h_p}$).

1.- Aritmético: en este se consideran únicamente las alturas de precipitación de las estaciones climatológicas dentro de la cuenca, y su cálculo es con un promedio aritmético.

$$\overline{h_p} = \frac{\sum_{i=1}^n h_{pi}}{n}$$

n = numero de estaciones climatológicas de registro.

Nota: Este método esta prácticamente en desuso

2.-Poligono de Thiessen (o de área de influencia)

En este método se conoce exactamente la localización de la estación climatológica y se plasma en el plano de la cuenca hidrológica, considerando tanto las estaciones dentro de la cuenca como las más cercanas a ella.

$$\overline{h_p} = \sum_{i=1}^n h_{pi} \frac{A_i}{A_c}$$

$$\overline{h_p} = h_{p1} \frac{A_1}{A_c} + h_{p2} \frac{A_2}{A_c} + \dots + h_{pn} \frac{A_n}{A_c}$$

Donde:

h_{pi} = h_p en estación i .

A_i = área del polígono i .

A_c = área de la cuenca.

3.- Curvas isoyetas

En este método definimos isoyeta como la curva que une puntos de igual precipitación, este método es el más exacto y se requiere tener planos de isoyetas del área en estudio

Ejemplo:

Estación	Fecha inicio
1	1980
2	1981
3	1984
4	1984
5	1985

En estas medidas se deducen datos faltantes y se utilizan las siguientes formulas.

$$h_{px} = \frac{1}{3} \left[\frac{P_x}{P_A} h_{pA} + \frac{P_x}{P_B} h_{pB} + \frac{P_x}{P_C} h_{pC} \right]$$

$$\overline{h_p} = \frac{\text{Volumen de precipitación acumulada}}{\text{Área acumulada}}$$

Donde:

h_{px} = altura de la precipitación faltante en la estación "x".

h_{pA} , h_{pB} , h_{pC} , = altura de precipitación en estaciones A, B, C.

P_x = precipitación normal anual en estacione "x".

P_A , P_B , P_C = precipitación normal anual en estaciones A, B, C.

2.3.6. Escurrimiento.

El escurrimiento tiene su origen en la precipitación. Sus fuentes de acuerdo con Aparicio (1989) son las siguientes:

Superficial: en esta está la lluvia no infiltrada.

Sub-superficial: en esta parte de la precipitación esta infiltrada.

Subterráneo: aguas subterráneas (acuíferos).

Escurrimiento total = gasto base + gasto directo.

Escurrimiento base = agua subterránea.

Escurrimiento directo = h_{pe} (precipitación).

DHS = Capacidad de campo – humedad del suelo.

DHS = $C_c - H_s$.

DHS = Deficiencia de humedad del suelo.

C_c = Capacidad del campo (capacidad para filtrar del suelo).

H_s = Humedad del suelo (arriba del nivel freático).

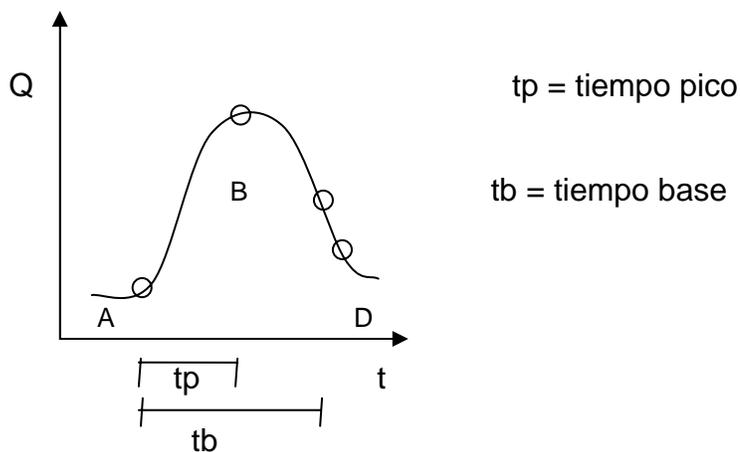
i = Intensidad de lluvia.

f = Capacidad de infiltración.

F = Infiltración total.

Hidrógrama y sus principales datos:

Frecuentemente se presenta la necesidad de correlacionar características del escurrimiento de un cause y su tiempo en presentarse y la forma de relacionarlos en relación a una grafica conocida como hidrografía y pueden tenerse hidrógrafas de elevaciones, velocidades, descargas, etc. siendo cada una de ellas la comparativa de un factor contra el tiempo de ocurrencia. Hidrógrama se refiere a hidrógrama de descarga, que se define como la representación grafica de una distribución, en tiempo de escurrimiento en el punto de medición, que traduce la complejidad de características de la cuenca mediante una curva empírica. Como se muestra en la siguiente grafica.



Donde:

A = punto de levantamiento donde se inicia el escurrimiento directo producido por la tormenta.

B = punto pico donde se presenta el gasto máximo.

C = punto de inflexión donde aproximadamente termina el escurrimiento por tierra.

D = punto donde termina el escurrimiento directo continuando el escurrimiento base.

Los tipos de hidrograma dependen de las siguientes relaciones:

$$i < f \longrightarrow h_{pe} = 0.$$

$$DHS > F \longrightarrow \text{no hay recarga.}$$

Esto nos indica que cuando la intensidad de lluvia es menor a la capacidad de infiltración del suelo, no existe escurrimiento directo. Y cuando la deficiencia de humedad del suelo es mayor a la infiltración total, no hay recarga al acuífero o agua subterránea. Por lo tanto el nivel de aguas freáticas no se altera.

$$i < f \longrightarrow h_{pe} = 0.$$

$$F > DHS \longrightarrow \text{hay recarga.}$$

Esto representa cuando la intensidad de lluvia es menor a la capacidad del suelo, no hay escurrimiento. Y cuando la infiltración total es mayor a la deficiencia de humedad del suelo, hay recarga del acuífero o aguas subterráneas, originando un cambio en el nivel freático, lo que provoca una alteración en el escurrimiento base.

Aforo de corrientes.

La finalidad fundamental de una estación climatológica es simplificar el gasto o caudal en un momento dado, para ello se requiere construir graficas y tablas en los que se relaciona los niveles de agua. Fundamentalmente un aforo de corrientes sirve para medir el gasto en un tiempo determinado y este consiste en conocer el área de la sección transversal de la corriente, medir la velocidad media y de la multiplicación de estos se obtiene el gasto de la corriente.

2.3.7. Infiltración.

En conformidad con Aparicio (1989) la infiltración se define como movimientos de agua a través de la superficie y hacia adentro del suelo a través de la acción de fuerzas capilares y gravitatorias.

Factores que intervienen la capacidad de infiltración (fp).

- Textura del suelo
- Contenido de humedad inicial.
- Contenido de humedad de saturación.
- Cobertura o capa vegetal.
- Uso del suelo.
- Aire atrapado.

- Compactación.
- Temperatura.

La infiltración es medida directamente por: infiltrómetros, medición de caudales en manantiales.

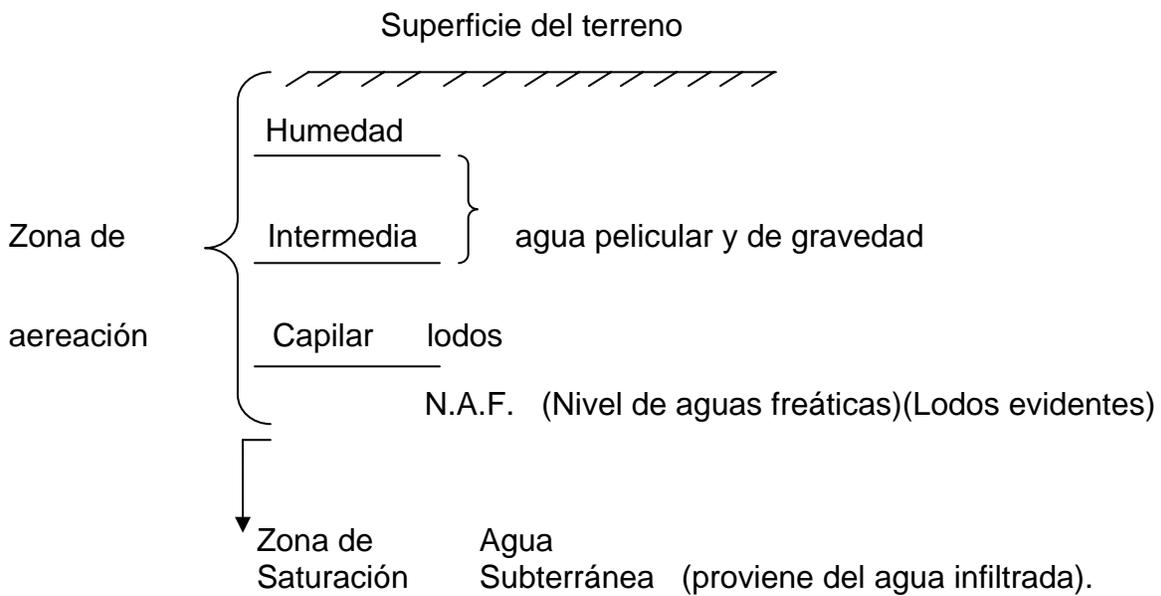
$$\text{Infiltración} = \frac{Q_m \cdot t}{A}$$

Donde:

Q_m = gasto.

t = tiempo.

A = área.



2.3.8. Aguas subterráneas.

Un acuífero es aquel estrato o formación geológica que permite la circulación del agua por sus poros y/o grietas. Estas aguas son llamadas subterráneas y provienen de la precipitación pluvial siendo estas infiltradas en las capas del suelo y alcanzando los acuíferos.

Hay dos tipos de acuíferos: los confinados y los no confinados. En el acuífero confinado, el agua está atrapada entre estratos impermeables a diferencia de los no confinados.

2.3.9. Avenidas de diseño.

De acuerdo con Aparicio (1989) para la obtención de una avenida de diseño se debe conocer la avenida máxima que arribara al sitio o lugar donde se va a construir una obra hidráulica o de drenaje, con la finalidad de recomendar el diseño adecuado de una obra.

Debe aceptarse un riesgo en la selección del valor de la avenida de diseño, la cual para un proyecto u obra en particular puede ser menor que la avenida máxima dependiendo de los factores económicos y de otras consideraciones prácticas que rigen en cada caso específico.

2.3.10. Métodos para obtener avenidas de diseño.

Los métodos que existen para calcular la avenida de diseño (Qd) se pueden agrupar dentro de diferentes tipos:

Empíricos. Estos se basan en relación a la lluvia-escorrimento y a las características de la cuenca

- $Qd = f(A, Sc, S_{cause})$
- Creaguer

Probabilísticos o estadísticos.

- $Qd = f(\text{registros reales})$
- Gumbel
- Nash
- Lebediev

Gumbel

$$Qd = Qm - \frac{\sigma_{Qmax}}{\sigma n} \left[Yn + Ln \ln \frac{Tr}{Tr - 1} \right]$$

Nota: Tr se toma a criterio del calculista en base a los Tr asignados a los datos.

Donde:

Q_d = gasto de diseño m^3/s .

Q_m = gasto medio de la muestra.

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

n , Y_n = parámetros = f (tamaño de la muestra).

Tr = periodo de retorno.

Asignación de Tr a los datos:

(Q_{max} , anualmente)

$$Tr = \frac{n + 1}{m}$$

Donde:

n = años de registros.

m = número de orden del evento. (Q_{max} ... 1 más grande, 2 al siguiente, etc.).

$$Q_m = \bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}$$

$$\sigma_{Q_{max}} = \sigma_{Q_i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n - 1}}$$

2.3.11. Tránsito de avenidas.

De acuerdo con Aparicio (1989) el tránsito de avenidas es el comportamiento de una creciente en su viaje por el río o cause; así como la forma en que la onda se propaga en un almacenamiento (embalse o vaso).

A) Por embalses

- Métodos hidrológicos.
- Métodos numéricos.

B) Por causes

- Métodos hidrológicos.
- Métodos hidráulicos.

2.4. Obras de drenaje en los caminos.

De acuerdo con Crespo (2005) diseñar un buen drenaje es uno de los aspectos más importantes en el proyecto de un camino y a consecuencia debe analizarse desde la colocación misma tratando de alojar siempre la vía de comunicación sobre suelos estables, permeables y naturalmente drenados. No obstante, debido al alineamiento necesario del camino se pueden atravesar suelos variables, permeables unos e impermeables otros. Exigiendo esto a la construcción de obras de drenaje que cumplan con las condiciones requeridas. El estudio en

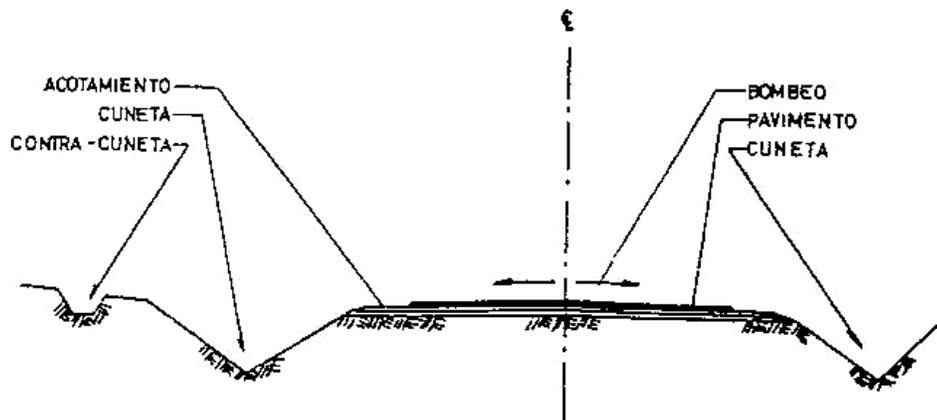
muchos caminos en mal estado ha enseñado que un drenaje inadecuado ha sido la causa del daño que esta vía ha sufrido más que ninguna otra cosa.

2.5. Drenaje superficial.

El drenaje superficial es una división para el estudio del drenaje y en conformidad con Crespo (2005) tiene como aspecto principal disminuir al mínimo el agua que fluye en la vía de comunicación mediante la captación de la misma. Y como otro aspecto la forma de dar salida rápida al agua. Para estos dos aspectos se tienen las siguientes obras de drenaje superficial: Cunetas, contracunetas, bombeo, lavaderos, alcantarillas, vados, puentes, etc..

2.5.1. Cunetas.

Son obras de drenaje superficial de captación y de acuerdo con Crespo (2005) son zanjas en las orillas del camino con el objetivo de recibir y de conducir el agua de lluvia de la mitad del camino o de todo el camino (en curvas). Y sus características se muestran en la siguiente figura:



Las cunetas principalmente son diseñadas para dar captación a fuertes aguaceros de 10 a 20 minutos de duración según sea la zona, además de tomar por lo menos el 80% de la precipitación pluvial que cae en la mitad del ancho total del camino, o tomar la de todo el ancho según sea su caso (curva). Generalmente se proyectan como sección transversal triangular o trapezoidal, por ser fáciles de construir y facilitar su mantenimiento y limpieza.

Se analizan con un flujo uniforme, como un canal abierto con la fórmula de Manning.

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

Donde:

V = velocidad en m/s.

n = coeficiente de rugosidad.

R = radio hidráulico.

S = pendiente en metros.

Esta fórmula se obtiene de la de Chezy:

$$V = C \sqrt{RS}$$

En la que $C = \frac{1}{n} R^{1/16}$

Valores de coeficientes de Manning (n)

Tipo de material	valores de n
Tierra común, nivelada y alisada.	0.02
Roca lisa y uniforme.	0.03
Roca con salientes y sinuosos.	0.04
Lechos pedregosos y bordos enyerbados.	0.03
Plantilla de tierra, taludes ásperos.	0.03

Entonces:

$$Q = A * V$$

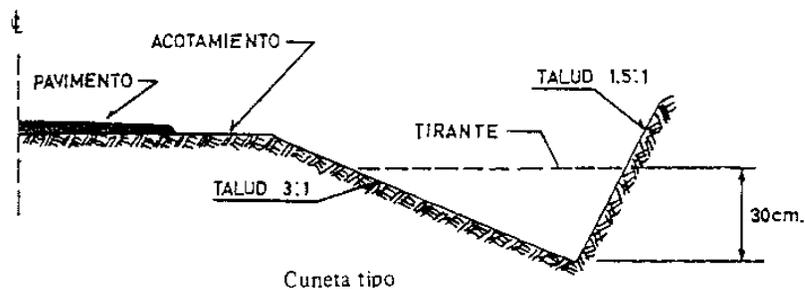
Q = descarga en m³/seg.

A = área de la sección transversal.

Conforme a la investigación de Crespo (2005), es conveniente que una cuneta emplee una sección constante no solo por buena apariencia y seguridad del camino, sino también para su fácil construcción y conservación. Además debe cumplir las con las siguientes características:

- Que sean tan pequeñas como sea posible.
- Los taludes deben ser tan inclinados como sea posible para obtener un buen aspecto y una buena seguridad en la vía de comunicación (camino).
- El desnivel mínimo bajo la sub-rasante del camino será de 30 cm y máximo de 90 cm, para evitar su peligrosidad.

- nunca serán de sección rectangular por ser altamente peligrosas mas difíciles de construir y por lo consecuencia antieconómicas.



Cuando el tirante del agua es de 10 a 15 cm, no es necesario zampear las cunetas con pendientes menores de 5 y 7%. Cuando el tirante el mayor de 15 cm es necesario zampear para pendientes mayores a 3%, si el suelo es arena o arcilla, y para pendientes mayores al 5% si es grava firme. En síntesis las cunetas se deben proteger (zampear) en pendientes fuertes, cuando su longitud sea mayor de 60 metros y tenga una velocidad mayor o igual a 4 m/ seg.

2.5.2. Contracunetas.

De acuerdo con Crespo (2005), las contracunetas son zanjas ubicadas o hechas en un lugar, con el propósito de evitar que el agua llegue a las cunetas para impedir que estas rebasen el nivel de aguas para lo cual fueron diseñadas, puesto que estas solo están diseñadas para el bombeo del caminos, taludes de los cortes y

algunas otras pequeñas áreas adyacentes. Las contracunetas son para encausar o recoger el agua que proviene de zonas más alejadas y evitando así que el agua llegue al camino.

Cuando la vía de comunicación sigue aproximadamente la dirección de la misma pendiente del terreno, las contracunetas son innecesarias, puesto que el agua corre parcialmente al camino y saldrá por las alcantarillas. Las contracunetas se utilizan usualmente en caminos muy montañosos o en lomerío. “las contracunetas se calculan igual que las carreteras y generalmente son de sección trapezoidal de 50 cm de plantilla y taludes de 1:1 en material suficientemente compacto, pudiendo llegar a hacerse paredes verticales”. (Crespo; 2005: 147).

2.5.3. Bombeo.

Conforme a Crespo (2005) se le llama bombeo en una vía terrestre o en una carretera o camino a la forma de la sección transversal que este tenga teniendo el fin principal de drenar hacia los lados el agua que cae sobre la superficie del camino, el bombeo debe utilizarse dependiendo de la clase de superficie, así como la facilidad de circulación de los vehículos y aspectos de la vía de comunicación, se debe emplear un bombeo de 2% para caminos de pavimento asfáltico y de 1.5% para los pavimentados con concreto hidráulico.

2.5.4. Lavaderos.

Son llamados lavaderos o vertederos de acuerdo con Crespo (2005), a las obras en donde se encausa el agua de terraplenes, o taludes, o en terrenos muy erosionables, y encausa el agua hasta lugares donde el agua no pueda afectar al

camino en ninguna forma. En si un lavadero es un delantar o una cubierta de piedra o de mampostería de concreto, en terrenos inclinados es necesario anclar con dentellones para evitar que se resbalen, las dimensiones y formas de los vertederos o lavaderos quedan a criterio del ingeniero o drenajista.

2.5.5. Alcantarillas.

En conformidad con Crespo (2005), las alcantarillas son obras de cruce de drenaje transversal, con objeto de dar paso rápido al agua que no pueda desviarse en otra forma y que por consecuencia tenga que cruzar el camino o carretera. En estas obras también pueden estar comprendidos los puentes, aunque la diferencia principal entre un puente y una alcantarilla es que una alcantarilla cruza el camino y lleva encima un colchón de tierra, y un puente libra el camino sin tener tierra sobre de el, llevando una loza de concreto.

Una alcantarilla tiene dos partes: El cañón, el cual es una parte del canal de la alcantarilla y parte principal de la estructura. Y los muros de cabeza, los cuales tienen la función de evitar la erosión alrededor del cañón, guiar el agua para evitar que el terraplén invada el canal. Para las alcantarillas deben tomarse básicamente dos consideraciones, cuando el enviajamiento de una corriente de agua sea igual o menor a 5° , preferentemente se debe hacer una estructura perpendicular al camino, rectificando levemente el cause, cuando la corriente de agua con la normal del eje del camino, forme un ángulo mayor de 5° , se debe alinear la alcantarilla con el fondo del arroyo, aún sabiendo que pueda resultar una obra mas larga y costosa que la construida perpendicular al camino, ya que esta requeriría canalizar la corriente con

codos mas o menos forzados, a consecuencia de esto son poco resistentes a la embestida de aguaceros fuertes, produciendo deslaves en donde la velocidad es máxima y azolves donde la velocidad es mínima.

2.6. Métodos para el cálculo de una alcantarilla.

Según la teoría de Crespo (2005), para el cálculo del área hidráulica de las alcantarillas, existen los siguientes procedimientos:

a) Por comparación. Este procedimiento se aplica en casos en donde se va a construir una alcantarilla nueva, pero donde ya existía otra. Los datos que se necesitan para aplicar este procedimiento son las huellas físicas de las aguas encontradas en la alcantarilla anterior, datos verídicos de vecinos del lugar, de por lo menos en un lapso de 10 años. En el caso de que no se localicen alcantarillas en el lugar, se pueden tomar los valores para proyectarse de alcantarillas que se encuentren cerca. El calculo de alcantarillas por este procedimiento queda a criterio del ingeniero o drenajista.

b) Empírico. Este se utiliza cuando no ha existido ninguna alcantarilla y no existen datos respecto al gasto máximo del arroyo, ni hay datos de la precipitación pluvial. Para este procedimiento empírico se necesitan los datos del área drenada, las características topográficas de la cuenca.

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

$$S = 0.183 C \sqrt[4]{A^3}$$

En la que:

S = Área hidráulica, en metros cuadrados, que deberá tener la alcantarilla.

A = Superficie a drenar.

C = Coeficiente que vale:

C = 1.00 para terrenos montañosos y escarpados.

C = 0.80 para terrenos con mucho lomerío.

C = 0.60 para terrenos con lomerío.

C = 0.50 para terrenos muy ondulados.

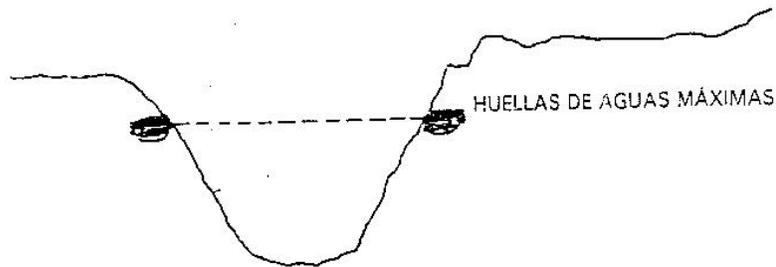
C = 0.40 para terrenos poco ondulados.

C = 0.30 para terrenos casi planos.

C = 0.20 para terrenos planos.

c) Sección y pendiente. Cuando el cause está definido, y se encuentran huellas de aguas, entonces se utiliza el procedimiento de sección de pendiente para determinar el gasto y la pendiente. Para esto, es necesario valerse de las huellas de aguas máximas en el lugar donde se colocará la alcantarilla, en la pendiente del cause en el cruce y las pendientes en dos secciones definidas, en las cuales los márgenes sean altos y excedan el nivel de aguas máximas. El gasto máximo se

calculará en función del área hidráulica y el perímetro mojado, la pendiente y un coeficiente de rugosidad de acuerdo con las paredes del cause, se utilizará la fórmula de Manning.



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

d) Precipitación pluvial. Para proyectar una alcantarilla para dar paso a una cantidad de agua determinada por el escurrimiento probable de la lluvia o precipitación pluvial, se utiliza este procedimiento. Éste se calcula con fórmulas que necesitan el conocimiento de la precipitación pluvial, la topografía, la clase de suelo de dicho lugar, para el cálculo de una alcantarilla debido a un aguacero intenso (no para arroyos, ni ríos) se utiliza la fórmula de Burkli-Ziegler

$$Q = 0.022 C I A \sqrt[4]{S/A}$$

Donde:

Q = gasto de la alcantarilla en m³/seg.

A = número de hectáreas tributarias.

I = precipitación pluvial, en centímetros por hora, correspondientes al aguacero más intenso (de 10 minutos de duración total).

S = pendiente del terreno, en metros por kilómetro.

El coeficiente C depende de la clase de terreno que forma la cuenca o área tributaria de la alcantarilla y tiene los valores que siguen:

$C = 0.75$ para calles pavimentadas y distritos comerciales.

$C = 0.30$ para poblaciones con parques y calles con pavimentos asfálticos.

$C = 0.25$ para terrenos de cultivo.

e) Método racional. Para este procedimiento se utilizan las siguientes hipótesis:

- La porción del escurrimiento resultante de cualquier lluvia, es un máximo cuando la intensidad de lluvia dura al menos tanto como el tiempo de concentración (se supone un escurrimiento máximo, tanto como el máximo tiempo).
- El máximo escurrimiento resultante. Con una intensidad de lluvia con duración igual o mayor en tiempo de concentración es una fracción de esa precipitación, esto indica que el escurrimiento máximo es una parte de lo que va a llover.
- Coeficiente de escorrentía. Es igual para todas las lluvias en una cuenca dada.

- La relación entre la máxima descarga y tamaño de área de drenaje, es igual que la relación entre duración e intensidad de precipitación, esto es, que el gasto es proporcional a la intensidad de lluvia.

La formula del método racional esta dada por:

$$Q = 27.52 C I A$$

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.

Los valores de C son los siguientes:

Pavimentos asfálticos.....0.75 a 0.95

Pavimentos de concreto hidráulico.....0.70 a 0.90

Suelos impermeables.....0.40 a 0.65

Suelos ligeramente permeables.....0.15 a 0.40

Suelos moderadamente permeables.....0.05 a 0.20

2.6.1. Pendiente de una alcantarilla.

De acuerdo con Crespo (2005), se deduce que la pendiente recomendable en las alcantarillas sea la misma que la del cause o lecho de la corriente, si la pendiente es mayor, el extremo de la alcantarilla tiende a azolverse y si la pendiente de la alcantarilla es menor que la del cause, el extremo superior se obstruye.

2.6.2. Tipos de alcantarillas.

Alcantarillas de tubo. Estas pueden ser de lamina corrugada, de concreto reforzado, de barro vitrificado, corrugados de polietileno y de fierro fundido.

Alcantarillas de cajón. Generalmente son de concreto reforzado.

Alcantarillas de bóveda. De mampostería o de concreto simple.

Alcantarillas de loza. Son de concreto reforzado.

La elección de cualquier tipo de alcantarilla depende del suelo de cimentación, de las dimensiones de la alcantarilla y de la economía relativa de los diferentes tipos de alcantarilla.

2.6.3. Muros de cabeza.

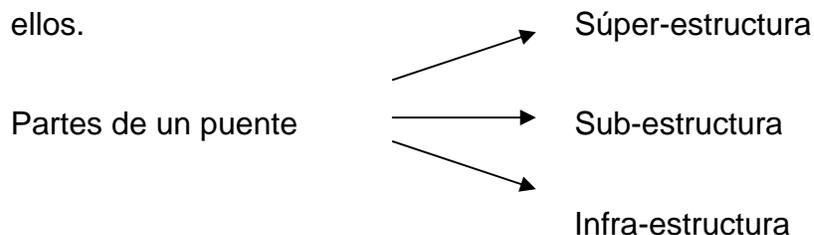
Acorde con Crespo (2005) generalmente los muros de cabeza sirven para impedir la erosión alrededor del cañón, para guiar la corriente y evitar que el terraplén invada el canal. Estos muros son construidos de mampostería de concreto, la altura de esté debe ser mas arriba que la intersección por los taludes del camino. El muro debe seguirse de por lo menos 60 cm. abajo de la plantilla para formar un

dentellón que sirva de amarre y de protección contra la erosión de dicha plantilla. El dentellón de aguas arriba debe hacerse más profundo que el dentellón de aguas abajo. El muro de cabeza tiene una longitud que depende de la longitud y altura de la alcantarilla y del talud del terraplene.

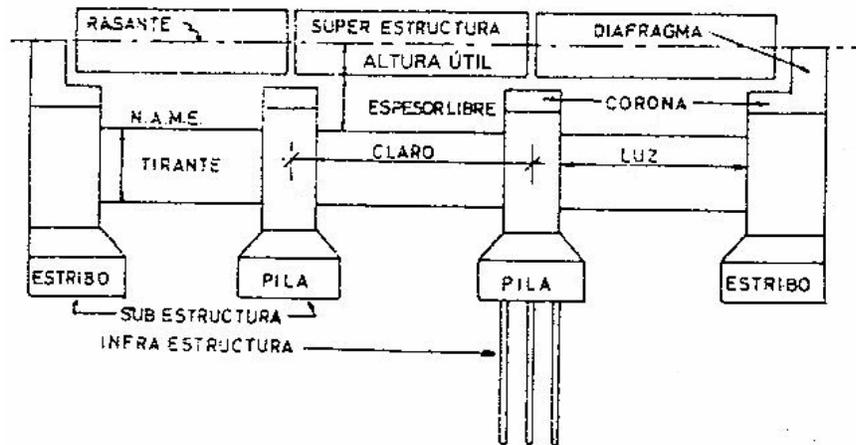
2.8. Puentes.

En conformidad con lo investigado por Crespo (2005) los primeros puentes son puentes naturales, del tronco de algún árbol caído para cruzar una zanja, depuse en Egipto el rey Menis hace el primer puente, los romanos construyeron varios puentes de madera y grandes arcos de mampostería, Inglaterra fue el primero que utilizo las estructuras metálicas en los puentes, los chinos utilizaron los puentes colgantes, en Estados Unidos se utilizaron mucho los cantilever

Un puente es la estructura que se utiliza para que una vía de comunicación pueda salvar un río, una depresión de terreno u otra vía de comunicación, generalmente son de más de 6 m de largo y no llevan colchón de tierra sobre de ellos.



Como se muestra en la figura:



Los estudios de campo que se efectúan para un puente.

1.- Estudios topográficos. Los datos correspondientes al estudio topográfico para la construcción de un puente serán,

- Nombre del río o barranca a salvar, camino y tramo correspondiente en el que se encuentra.
- Origen del kilometraje, plano en planta mostrando el eje del camino, dirección del cause, construcciones cercanas y algún otro dato de relevancia.
- Angulo que forma el camino con el eje del cause o corriente, elevación y destrucción del banco más cercano.
- Planos de localización correspondientes a un kilómetro a cada lado de la obra.
- Elevación de la sub-rasante que a su caso resulte más adecuada.

- Importe de las indemnizaciones que tendrían que hacerse, al llevarse a cabo el puente.

2.- Estudios hidráulicos. En relación a los estudios hidráulicos la mayor importancia la tienen los siguientes datos:

- Una sección en el cruce y dos secciones auxiliares, aguas arriba y aguas abajo: en las que se consideraran nivel de aguas mínimas, nivel de aguas máximas ordinarias, el nivel de aguas máximas extraordinarias, la pendiente del fondo del cause a cada lado del puente, en una extensión de 200 metros aproximadamente.
- Coeficiente de rugosidad del cause.
- Velocidad superficial indicando el método usado, frecuencia y duración de las crecientes máximas extraordinarias, si el cause es estable o divagante.
- Si la corriente socava o deposita.
- Si hay que efectuar una canalización.
- Claro mínimo de los tramos y espacio libre para el paso de los cuerpos flotantes.
- Datos sobre puentes construidos aguas abajo y aguas arriba.

3.- Estudios geológicos. Los datos geológicos serán:

- Características generales de los materiales que forman el fondo y las márgenes de la corriente.

- Corte geológico indicando los materiales del subsuelo y el nivel de aguas freáticas.
- Carga admisible aproximada que pueda cargar cada estrato del subsuelo.

4.- Estudios comerciales. Los estudios comerciales que afectan el proyecto de un puente son los siguientes:

- Jornales medios en la región para diferentes categorías (mano de obra en poblaciones cercanas al proyecto).
- Precios unitarios de los diferentes materiales en el lugar.
- Cubicación de bancos de materiales.
- La vía más cercana de comunicación.
- Clima en la región.
- Enfermedades o epidemias en la región.

Los puentes deben ser calculados para soportar las siguientes cargas:

- Cargas muertas (peso propio de la estructura).
- Cargas vivas (ocasionadas por los vehículos, según la clasificación de estos).
- Efectos dinámicos o de impacto.
- Fuerzas laterales.
- Otras fuerzas que existan como longitudinales, centrífugas, térmicas.

2.9. Drenajes subterráneos.

El drenaje subterráneo es muy semejante al superficial, ya que los estratos impermeables forman canales bien definidos (vasos de almacenamiento de agua) tal como en la superficie. De acuerdo con Crespo (2005) los lugares inestables en el camino deben ser drenados inmediatamente, puesto que de esto dependen la seguridad y estabilidad del camino, y a su vez representará un ahorro puesto que si el drenaje subterráneo se coloca inadecuadamente, o no se colocará ocasionaría elevados costos de conservación en la vía. Cuando un suelo está seco soporta las cargas que se presentan en el camino satisfactoriamente, al contrario de suelos húmedos que al contacto con el agua se vuelven inestables, y con la finalidad de obtener estos suelos inestables secos o con humedad que no sea perjudicial a las partes que lo forman se utilizarán las siguientes obras de drenaje subterráneo según sea su caso:

- Zanjas: son zanjas bajas localizadas paralelas al camino y a pocos metros del mismo, normalmente de 0.60 m. de base y de 90 a 1.20 m. de profundidad. Según su profundidad pueden mantener nivel freático bajo el nivel deseado.
- Drenes ciegos: son zanjas rellenas de piedra o grava, los drenes ciegos son de 0.45 m. de ancho y de 0.60 a 0.90 m. de profundidad, comúnmente se colocan a cada lado del camino bajo las cunetas y llevar una pendiente adecuada para desfogar a una salida adecuada.

- Drenes de tubo: los drenes de tubo de concreto son muy superiores a los formados por zanjas abiertas y drenes ciegos. Los drenes de tubo para el funcionamiento eficaz deben de cumplir con los siguientes requisitos:
 - Aplastamiento (utilizar tubos que no se rompan, soportando la capacidad de carga en la zona de tránsito).
 - Flexión. En suelos muy inestables deben colocarse juntas en los tubos apropiadas con el fin de que se flexionen un poco con el fin de que puedan amoldarse a las irregularidades de la plantilla.
 - Presión hidráulica. Puesto que estos tubos pueden llegar a trabajar a presión.
 - Capacidad de infiltración. El tubo perforado está diseñado para permitir la máxima infiltración y estos se colocan de modo de excluir el lodo y algún otro material de relleno.
 - Durabilidad o vida útil de los tubos.
 - Tamaño de los tubos. Obedece al tipo de suelo por drenar, la clase de tubo, altura de precipitación y de la pendiente de la tubería.

En el siguiente capítulo de esta tesis se presentarán datos relevantes de localización, así como aspectos generales y geográficos del lugar donde se encuentra el tramo carretero en estudio.

CAPITULO 3

MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se hace referencia al sitio de estudio para el proyecto del sistema de drenaje, así como los datos de localización y características más relevantes.

3.1. Generalidades.

El título del proyecto carretero que se tomara en esta investigación para el diseño de obras de drenaje, es el tramo carretero El Papayo – Meza de Cazares – La Ciénega del Km. 6+500 al 9+500 en el Mpio. de Taretan, Mich., el cual tiene su origen en la población denominada El Papayo y como destino la Ciénega. La presente tesis tiene el objeto de diseñar un adecuado sistema de drenaje para este tramo carretero, por medio de obras de drenaje que eviten el exceso de agua en la carretera. Tiene como finalidad prolongar la vida útil de la carretera y proporcionar seguridad a los usuarios, provocando así un beneficio social y principalmente a los pueblos circunvecinos que circulan por esta vía de comunicación.

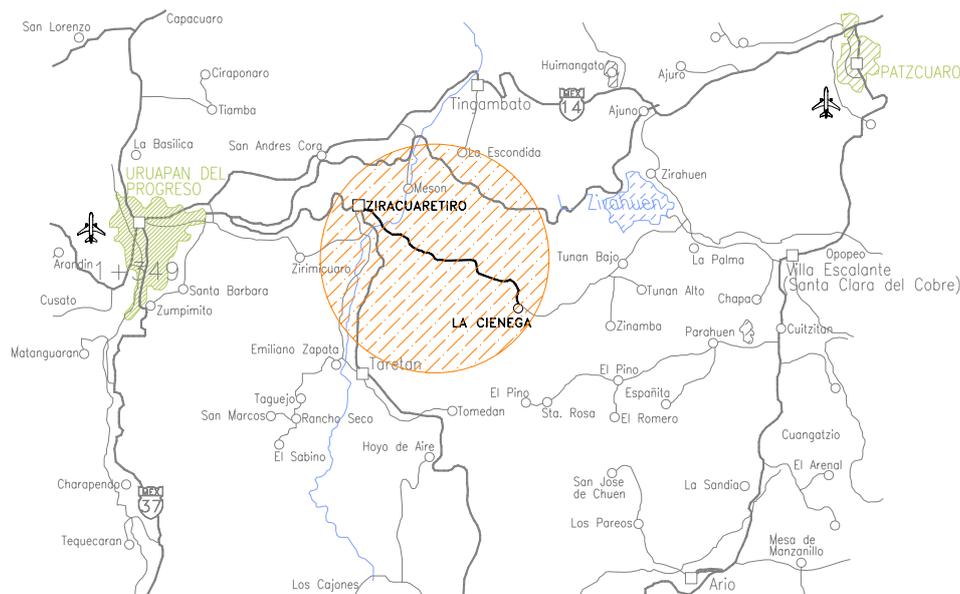
3.2. Resumen ejecutivo.

En esta investigación se diseñaran las obras de drenaje superficial, su localización, sus dimensiones; en base a sus gastos de diseño y a sus dimensiones estructurales para que puedan operar de una manera idónea y funcional. Ya que de no contar con un buen sistema de drenaje, el camino no cumpliría con el objetivo del mismo en las vías de comunicación, el cual tiene el fin de evitar que el agua transite excesivamente por la carretera para impedir la

formación de baches y daños en la estructura del camino, impactando la seguridad y la economía de la sociedad.

3.3. Medio geográfico.

Croquis de localización.



El tramo carretero se encuentra en la zona centro del estado de Michoacán, México, cerca de Uruapan, entre los municipios de Ziracuaretiro y Taretan, a este último municipio pertenece esta carretera intermunicipal.

Taretan se localiza, conforme con www.michoacan.gob.com.mx, por las coordenadas 19° 20' de latitud norte, 101° 55' de longitud oeste y una altura de 1130 metros sobre el nivel del mar. Este municipio se encuentra limitado por Ziracuaretiro al norte, Santa Clara del Cobre y Ario de Rosales al este, Nuevo Urecho al sur y al este con Uruapan.

La topografía que presenta esta región esta constituida por un sistema volcánico transversal, entre los cerros de la Cruz, Cobrero, Hornos, mesa de García, Malpaís, San Joaquín, Melón y Guayabo.

Su hidrológica esta formada por los ríos Acámbaro, Paso del Reloj, El Guayabo, Hoyo del aire, y por arroyos y manantiales de agua fría, en lo que se refiere al clima de la zona en estudio es templado con lluvias en verano y tienen una precipitación pluvial de 1,200 mm y su temperatura varia entre 8 y 37°.

En lo que se refiere al suelo datan de los períodos cenozoico, terciario y eoceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico. El uso de suelo es principalmente forestal y dedicado a la actividad agrícola y ganadera.

3.4. Informe fotográfico.



En esta foto anterior se observa el estado actual de la carretera, así como su tipo de vegetación en el cual predominan los árboles de pino y encino y algunas huertas de aguacate.

3.5. Estudio de tránsito.

En lo referente al tránsito en este tramo carretero se tiene mayor circulación de vehículos tipo A-2 (vehículos de dos ejes con peso menor o igual a tres toneladas), y con menor frecuencia de tipo C-2 y C-3 (camiones de dos y tres ejes respectivamente de peso mayor a tres toneladas). Y un tránsito diario promedio anual (TDPA), igual a 85 vehículos de los cuales 72 son tipo A-2, 10 tipo C-2 y 3 tipo C-3.

En el posterior capítulo de metodología y análisis, se relatará la metodología en la que se basó para la elaboración de esta tesis y se diseñarán los elementos de drenaje dentro de dicho tramo, estos serán diseñados con base a la teoría ya respaldada en capítulos anteriores, para dar una solución y un cálculo óptimo al sistema de drenaje ya que este tramo no contó con ningún diseño de éste.

CAPITULO 4

METODOLOGÍA Y DISEÑO

En el capítulo que a continuación se presenta se describirá la metodología con que se realizó la presente investigación.

4.1. Método empleado.

En la presente tesis se utilizó el método científico, con carácter deductivo por utilizar el método matemático-analítico, en este último, acorde con Jurado (2005) como análisis la desintegración de un todo en sus partes para estudiar cada una de ellas por separado, para poder establecer leyes y matemático por tener nociones de cantidad, valor económico y capacidad. “En cualquier investigación que asiente números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y éstas se tomen en cuenta para afirmar o negar algo, se está aplicando el método cuantitativo”. (Mendieta; 2005: 49)

4.2. Enfoque de la Investigación.

En la investigación de la presente tesis se usó un enfoque cuantitativo. La investigación cuantitativa, de acuerdo con Hernández (2004), brinda la posibilidad de dar resultados más ampliamente, ofrece más control sobre los fenómenos y puntos de vista de conteo y magnitudes y facilita la comparación de estudios similares. Los métodos cuantitativos son los más usados por las ciencias más exactas, las cuales tienen más relación con la ingeniería.

4.2.1. Alcance de la Investigación.

Un estudio tipo descriptivo es el que se utilizó para el desarrollo de esta tesis, pues éste tiene el propósito, de acuerdo con Hernández (2004), de describir eventos, situaciones y hechos, manifestando la determinación de un fenómeno. Desde el punto de vista de la ciencia se describen como la recolección de datos o información ya sea de manera absoluta o conjunta sobre las variables a las que se refiere. Una investigación descriptiva busca detallar propiedades, rasgos y características importantes de un fenómeno cualquiera que se analice.

4.3. Diseño de la Investigación.

La presente tesis cuenta con un diseño no experimental, transversal, ya que, en ésta se recopilan datos en un momento preciso y en un tiempo único, como en una fotografía, con el fin de analizar y describir variables su ocurrencia e interrelación en un momento dado.

4.4. Instrumentos de Recopilación de Datos.

De conformidad con Hernández (2004) existen varios métodos para la recopilación de datos, en estudios cuantitativos frecuentemente se incluyen varios tipos de cuestionarios al igual que la recopilación de contenidos para un análisis estadístico, para recolectar datos es necesario: 1.- Seleccionar los métodos o instrumentos disponibles o desarrollarlos según sea su enfoque de estudio, el planteamiento del problema y alcance de la investigación. 2.- Aplicación de

instrumentos. 3.- Preparar los datos obtenidos para realizar un análisis correcto de los mismos.

Acorde con Hernández (2004), la recolección de datos equivale a medir entendiendo por medir una relación que indica la clasificación o cuantificación, la recopilación de datos debe cumplir confianza y validez, en el enfoque cuantitativo confianza se refiere a la aplicación repetida de un instrumento de medición cuando produce iguales resultados y validez se refiere al grado en que un instrumento de medición mide realmente las variables que pretende medir.

4.5. Descripción del Proceso de Investigación.

La presente tesis se desarrolló partiendo primeramente de la ubicación de un tramo carretero, para posteriormente verificar si se contaba o no con el diseño del sistema de drenaje.

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

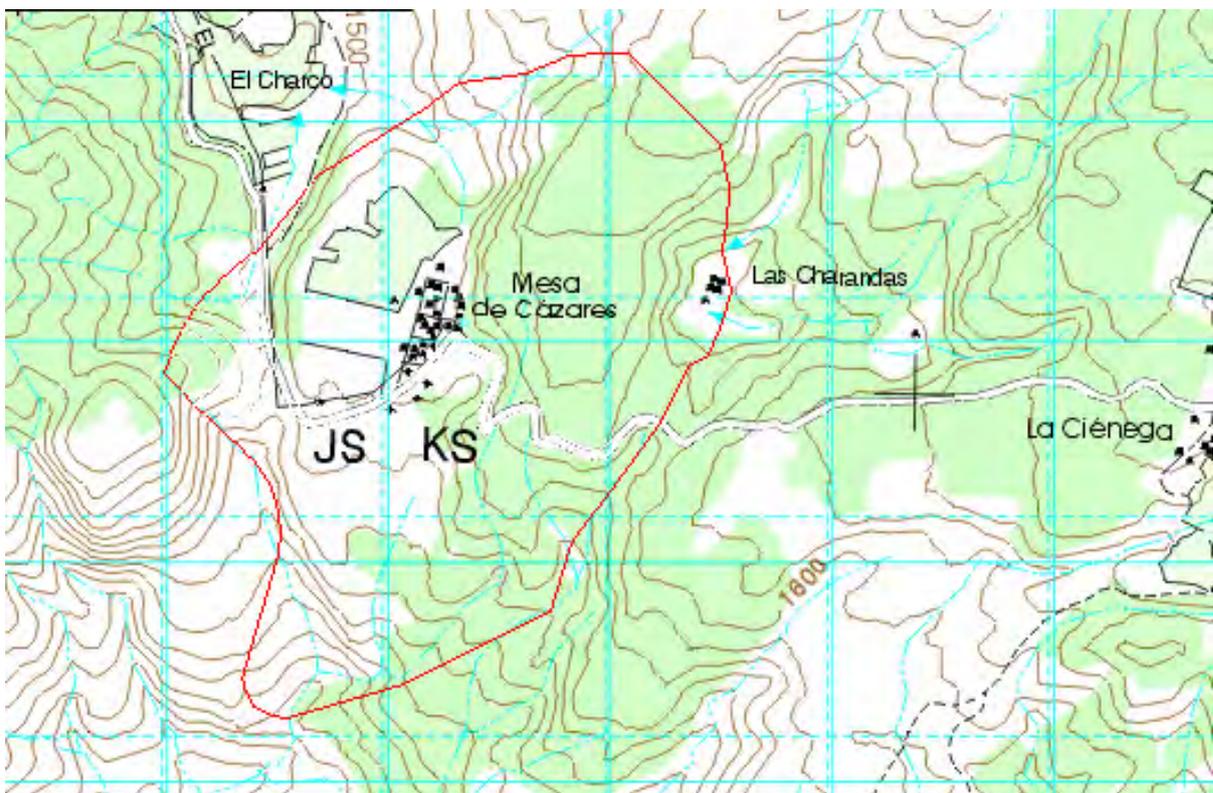
Posteriormente se realizó la captura de datos usando programas computacionales como Excel y Autocad, y se contrastó con la teoría recopilada, haciendo un análisis minucioso del diseño del sistema de drenaje, hasta establecer las conclusiones que dieran cumplimiento al objetivo y pregunta de investigación de esta tesis.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.6. Diseño del proyecto.

El tramo carretero El Papayo – Meza de Cazares – La Ciénega del Km. 6+500 al 9+500 en el Mpio. de Taretan, Mich. , se encuentra localizado en la carta topográfica clasificada e14a31 perteneciente al municipio de Taretan en el estado de Michoacán. En la cual se apoyará para el diseño del sistema de drenaje de dicha vía de comunicación.

La cuenca se trazara sobre la carta topográfica siendo delimitada por el parte aguas, esta tendrá una extensión a criterio del ingeniero drenajista, la cual se muestra en la siguiente figura.



Obtención de la pendiente de la cuenca por medio del criterio de Alvord:

$$S_c = \frac{DL}{A_c}$$

Donde:

D = Desnivel constante entre curvas de nivel (a 20 m en cartas topográficas del INEGI).

L = Longitud total de curvas de nivel dentro de la cuenca (obtenidas en el programa Auto CAD en m).

A_c = Área de la curva (obtenidas en el programa Auto CAD en m²).

$$S_c = \frac{20 \times 37588.45}{4740395.43}$$

$$S_c = 0.16$$

4.7. Diseño de cunetas.

Se analizara con un flujo uniforme, como un canal abierto con la formula de Manning.

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

Donde:

V = velocidad en m/s.

n = coeficiente de rugosidad.

R = radio hidráulico.

S = pendiente en metros.

Valores de coeficientes de Manning (n)

Tipo de material	valores
de n	
Tierra común, nivelada y alisada.....	0.02
Roca lisa y uniforme.....	0.03
Roca con salientes y sinuosos.....	0.04
Lechos pedregosos y bordos enyerbados.....	0.03
Plantilla de tierra, taludes ásperos.....	0.03

Entonces:

Revisando la cuneta tipo

calculando el radio hidraulico de la cuneta tipo (R).

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\text{área}}{\text{perimetro mojado}}$$

$$R = \frac{0.203}{1.49}$$

$$R = 0.136 \text{ m}$$

revisando la velocidad en la cuneta con la formula de Manning

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

$$V = \frac{1}{0.03} \times (0.136)^{2/3} \times (0.16)^{1/2}$$

$$V = 3.509 \text{ m/seg}$$

la velocidad se aproxima a 4 m/seg por lo tanto se tiene que recubrir

$$Q = A * V$$

Q = descarga en m³/seg.

A = área de la sección transversal.

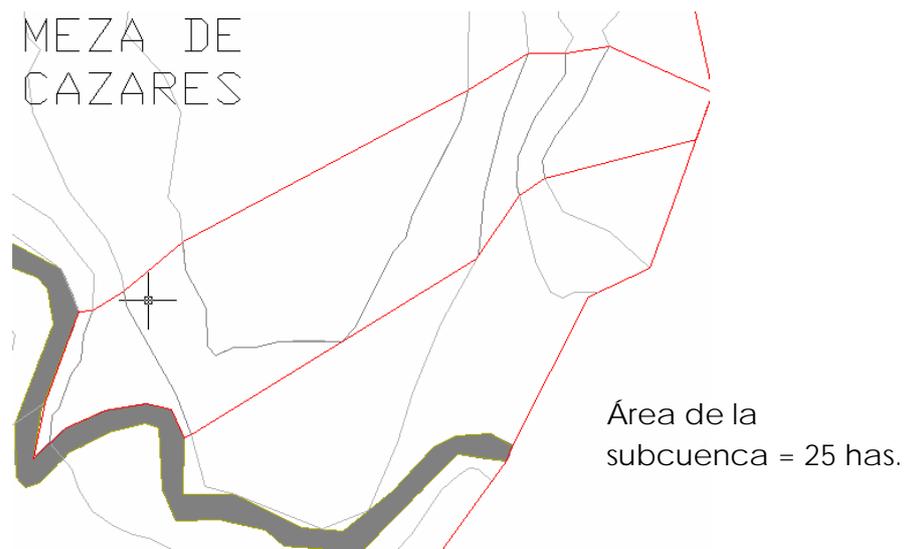
calculando el gasto

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.203 \times 3.508915$$

$$Q = 0.711 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Revisando el gasto con la pendiente de la subcuenca más crítica del tramo carretero del km. 8+360 al 8+940 mostrada en la siguiente figura se comparará con el de la cuneta tipo.



Utilizando el criterio de Burkli-Ziegler

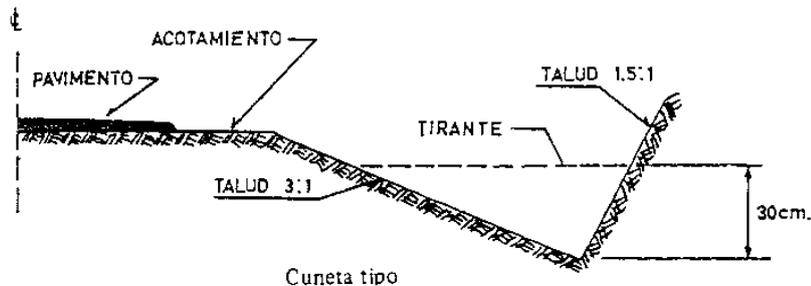
Burkli-Ziegler

$$Q = 0.022 C I A \sqrt[4]{S/A}$$

C =	0.25	coef. Escorrentia
A =	25	has.
I =	1	cm/hora
S =	28.57	m/Km

$$Q = 0.14216584 \text{ M}^3/\text{seg}$$

Puesto que el gasto de la cuneta tipo es mayor al calculado con el criterio de Burkli-Ziegler, se procede a utilizar la cuneta tipo cuenta con un gasto mayor calculado por el criterio ya mencionado, siguiente figura muestra las características de la cuneta tipo:

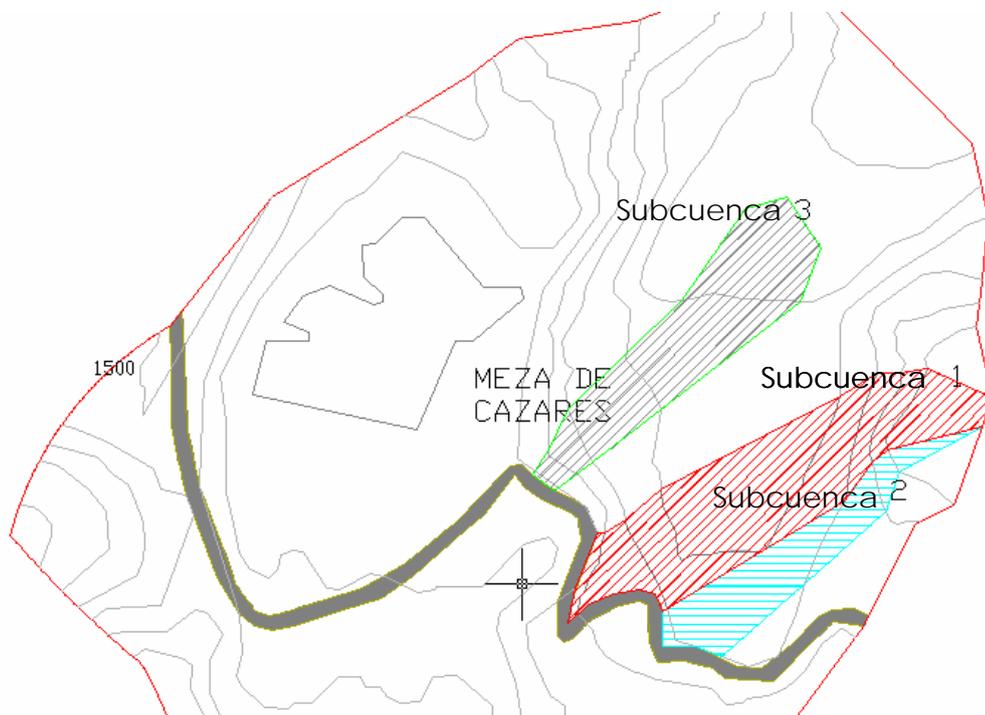


Las dimensiones y localización de las cunetas cumple con el área necesaria se muestran en el plano 2.

4.8. Diseño de alcantarillas.

Para el diseño de alcantarillas se tomarán las más críticas que se ubicarán en los kilómetros 8+360, 8+180 y 8+940.

Utilizando el criterio de Talbot para obtener el área hidráulica de la alcantarilla, en la cual intervienen las variables de el coeficiente a drenar (C), que en este caso toma el valor de 0.60 para terrenos con lomerío y el área en hectáreas (A) la cual depende al área de la cuenca o subcuenca para el diseño de cada alcantarilla, las cuales se toman a criterio del ingeniero drenajista, tales como se muestran en las siguiente figura:



Subcuenca 1. Para el diseño de alcantarilla no. 1, en el km. 8+360 con una superficie = 25 has.

Subcuenca 2. Para el diseño de alcantarilla no. 2, en el km. 8+180 con una superficie = 16.5 has.

Subcuenca 3. Para el diseño de alcantarilla no. 3, en el km. 8+940 con una superficie = 10 has.

ALCANTARILLA 1 Km 8+360

Formula de Talbot

$$S = 0.1832 C \sqrt[4]{(A)^3}$$

$$C = 0.6 \text{ coef.}$$

$$A = 25 \text{ has.}$$

$$S = 1.23 \text{ m}^2$$

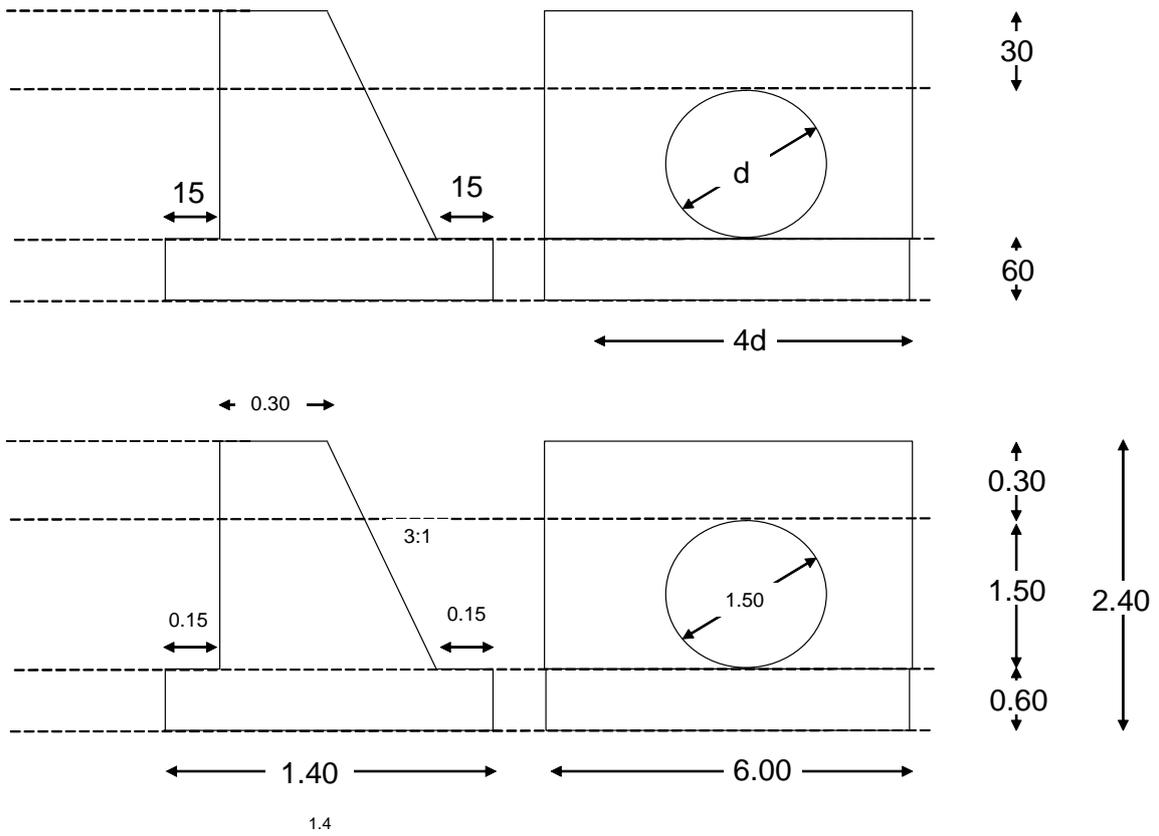
se aumenta el área de la sección un 25% por asolve

$$S + 25\% = 1.54 \text{ m}^2$$

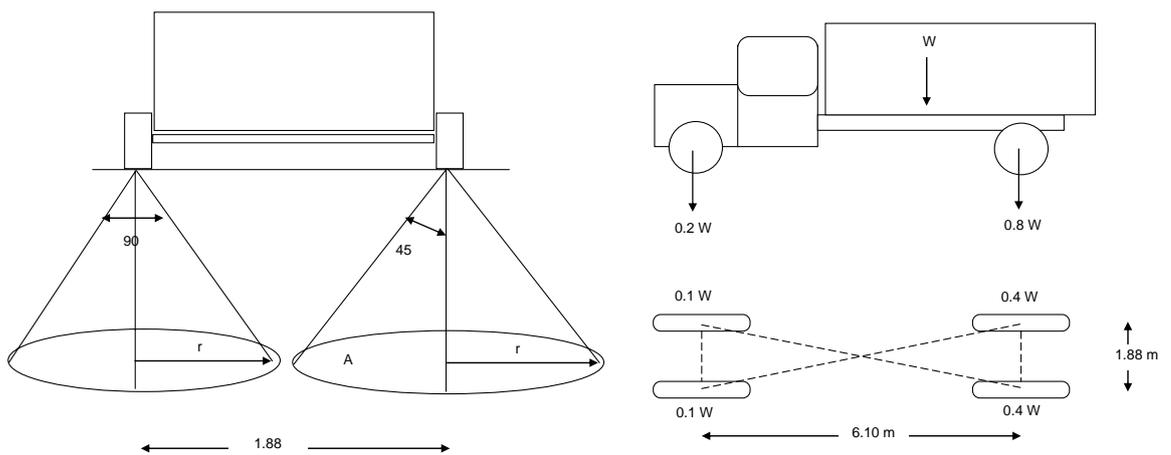
$$d = 1.40 \text{ m}$$

Comercialmente de la marca ADS tenemos que se encuentra un tubo de 60" (1.50 m)

MUROS DE CABEZA PARA ALCANTARILLA (Dimensiones TIPO)



Cargas vivas sobre la alcantarilla



P = Carga de la rueda = 0.4 W
 A = Area de la base del cono de transmisión de esfuerzos
 h = Profundidad del cono de transmisión de esfuerzos

$$r = h = \frac{1.88}{2} = 0.94$$

Carga C3 = 23000 kg

$$P = 0.4 \times 23000 = 9200 \text{ kg}$$

$$S = \frac{P}{A} = \frac{9200}{\pi r^2} = \frac{9200}{2.77591776} = 3314.22$$

$$L = \sqrt{(6.10^2 + 1.88^2)}$$

$$L = 6.38$$

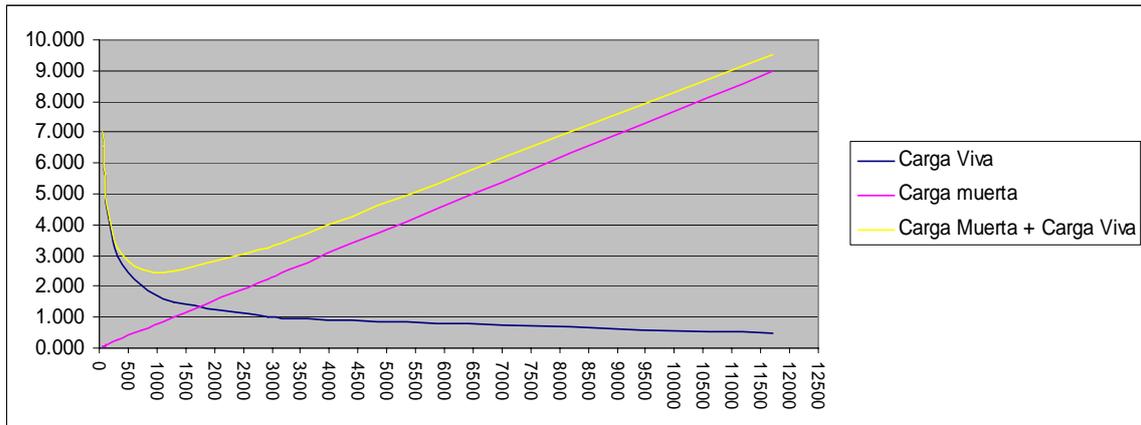
$$L / 2 = 3.19$$

$$\gamma = 1300 \text{ kg/m}^3$$

La siguiente tabla muestra la relación de la altura del colchón de la alcantarilla con la cargas a las que esta sometida la alcantarilla.

h, en metros	S = P/A, en Kg/m ²	h' = S/ γ, en metros.	d = h + h', en metros
0.500	11714	9.01	9.51
0.940	3314	2.55	3.49
1.000	2928	2.25	3.25
1.500	1302	1.00	2.50
2.000	732	0.56	2.56
3.000	325	0.25	3.25
4.000	183	0.14	4.14
5.000	117	0.09	5.09
5.570	94	0.07	5.64
6.000	81	0.06	6.06
6.380	72	0.06	6.44
6.500	69	0.05	6.55
7.000	60	0.05	7.05

Grafica representativa de la tabla anterior:



Carga unitaria sobre alcantarilla
1733 Kg/m²

Carga resistente del tubo
< 9534.2 Kg/m²

Por lo tanto se acepta el tubo por flexión con la altura de 1.3 m. de colchón.

ALCANTARILLA 2 Km 8+180

Formula de Talbot

$$S = 0.1832 C \sqrt[4]{(A)^3}$$

C = 0.6 coef.
A = 16.5 has.

$$S = 0.900 \text{ m}^2$$

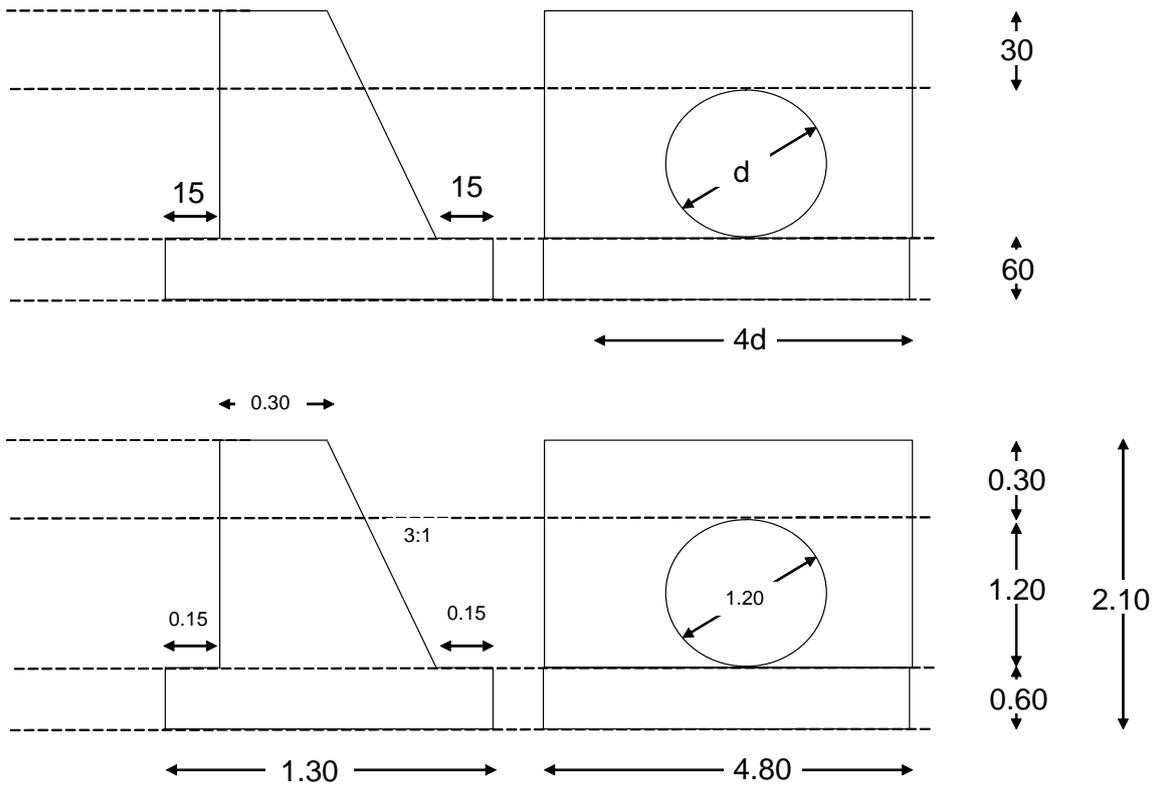
se aumenta el área de la sección un 25% por asolve

$$S + 25\% = 1.125 \text{ m}^2$$

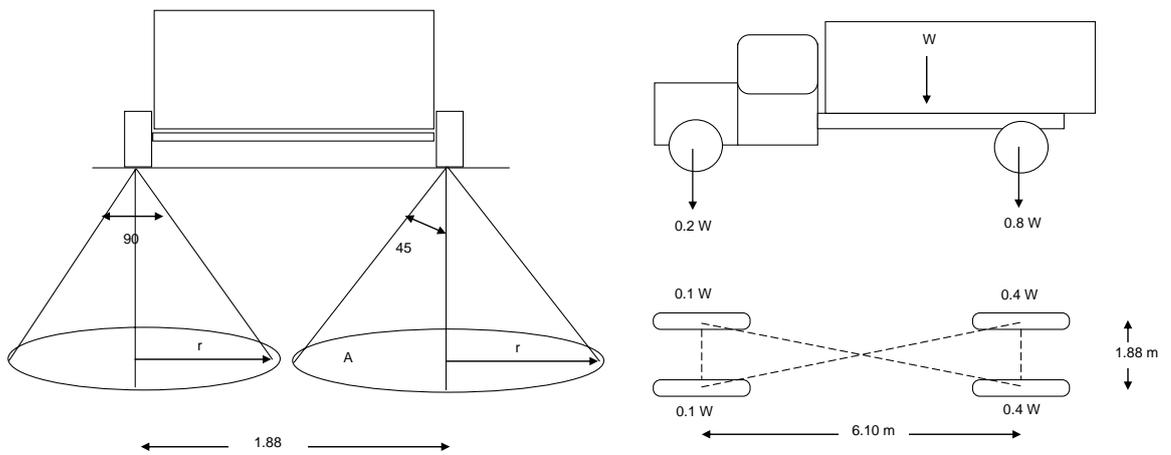
$$d = 1.197 \text{ m}$$

Comercialmente de la marca ADS tenemos que se encuentra un tubo de 48" (1.20 m)

MUROS DE CABEZA PARA ALCANTARILLA (Dimensiones TIPO)



Cargas vivas sobre la alcantarilla



P = Carga de la rueda = 0.4 W
 A = Area de la base del cono de transmisión de esfuerzos
 h = Profundidad del cono de transmisión de esfuerzos

$$r = h = \frac{1.88}{2} = 0.94$$

Carga C3 = 23000 kg

$$P = 0.4 \times 23000 = 9200 \text{ kg}$$

$$S = \frac{P}{A} = \frac{9200}{\pi r^2} = \frac{9200}{2.77591776} = 3314.22$$

$$L = \sqrt{(6.10^2 + 1.88^2)}$$

$$L = 6.38313403$$

$$L / 2 = 3.19156701$$

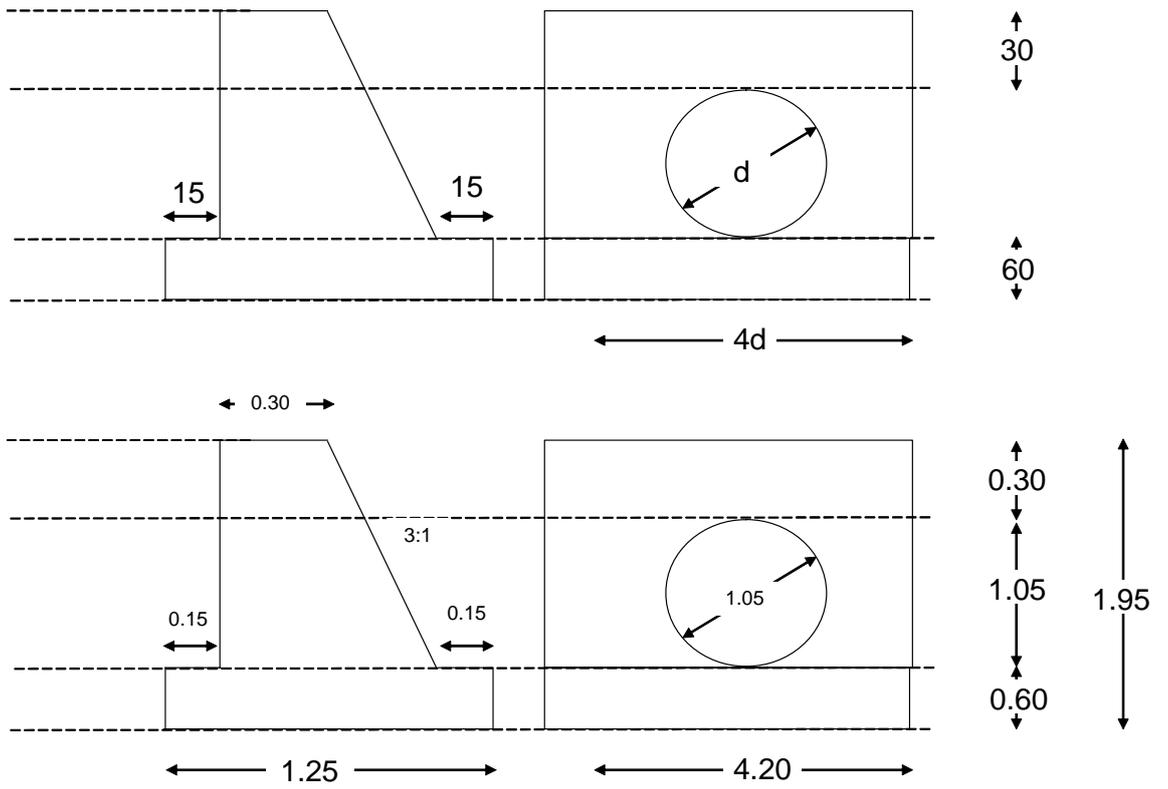
$$\gamma = 1300 \text{ kg/m}^3$$

La siguiente tabla muestra la relación de la altura del colchón de la alcantarilla con la cargas a las que esta sometida la alcantarilla.

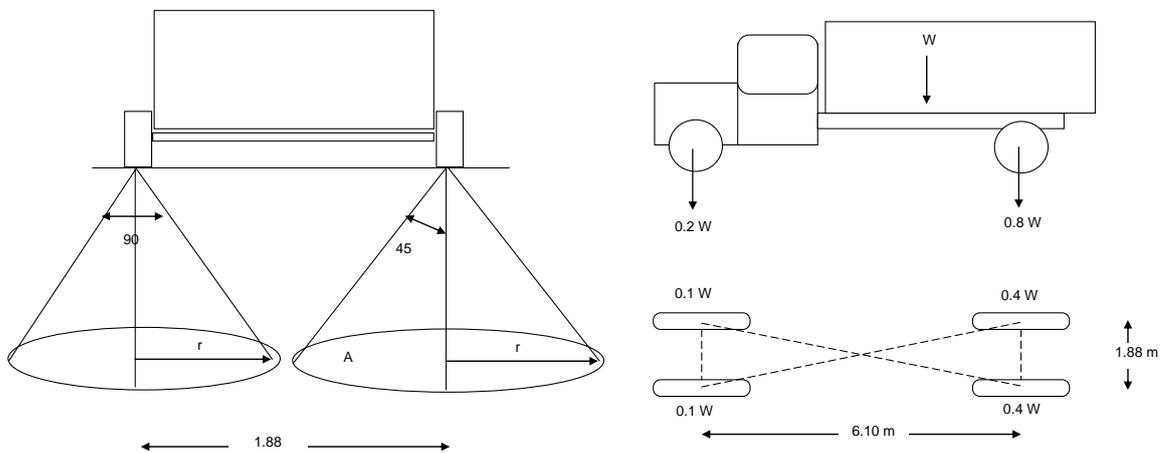
h, en metros	S = P/A, en Kg/m ²	h' = S/γ, en metros.	d = h + h', en metros
0.500	11714	9.01	9.51
0.940	3314	2.55	3.49
1.000	2928	2.25	3.25
1.500	1302	1.00	2.50
2.000	732	0.56	2.56
3.000	325	0.25	3.25
4.000	183	0.14	4.14
5.000	117	0.09	5.09
5.570	94	0.07	5.64
6.000	81	0.06	6.06
6.380	72	0.06	6.44
6.500	69	0.05	6.55
7.000	60	0.05	7.05

Grafica representativa de la tabla anterior:

MUROS DE CABEZA PARA ALCANTARILLA (Dimensiones TIPO)



Cargas vivas sobre la alcantarilla



$$L = \sqrt{(6.10^2 + 1.88^2)}$$

$$L = 6.38313403$$

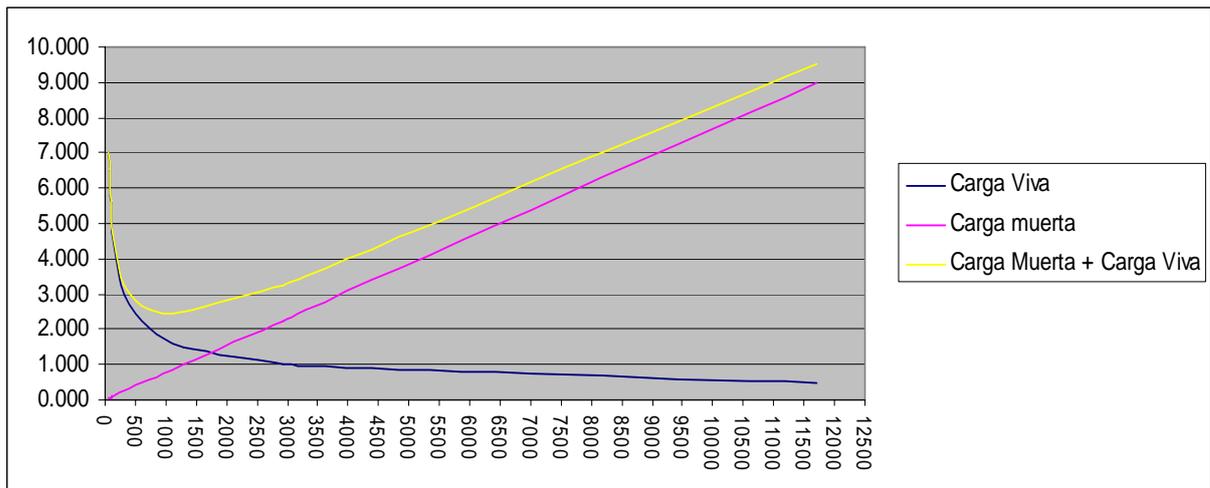
$$L / 2 = 3.19156701$$

$$\gamma = 1300 \text{ kg/m}^3$$

La siguiente tabla muestra la relación de la altura del colchón de la alcantarilla con la cargas a las que esta sometida la alcantarilla.

h, en metros	S = P/A, en Kg/m ²	h' = S/ γ, en metros.	d = h + h', en metros
0.500	11714	9.01	9.51
0.940	3314	2.55	3.49
1.000	2928	2.25	3.25
1.500	1302	1.00	2.50
2.000	732	0.56	2.56
3.000	325	0.25	3.25
4.000	183	0.14	4.14
5.000	117	0.09	5.09
5.570	94	0.07	5.64
6.000	81	0.06	6.06
6.380	72	0.06	6.44
6.500	69	0.05	6.55
7.000	60	0.05	7.05

Grafica representativa de la tabla anterior:



Carga unitaria sobre alcantarilla
1733 Kg/m²

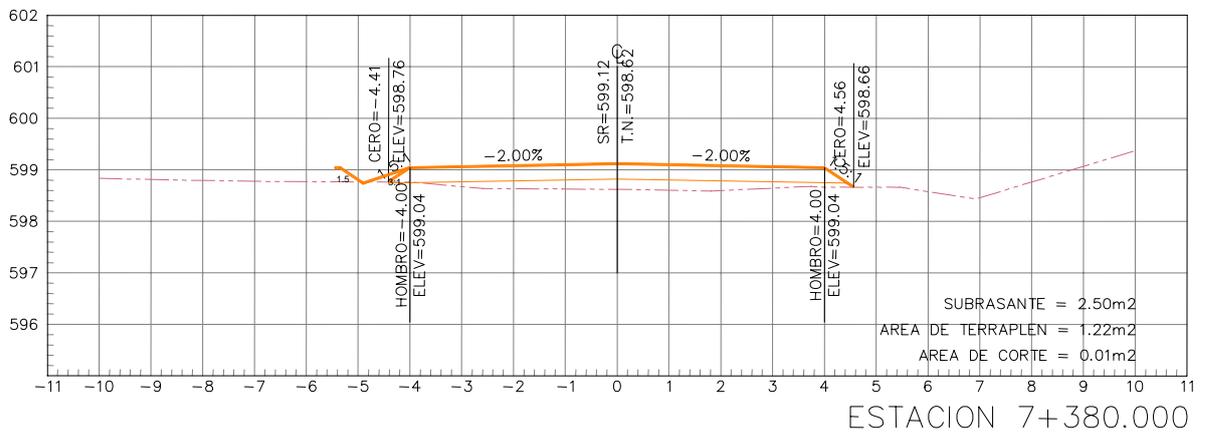
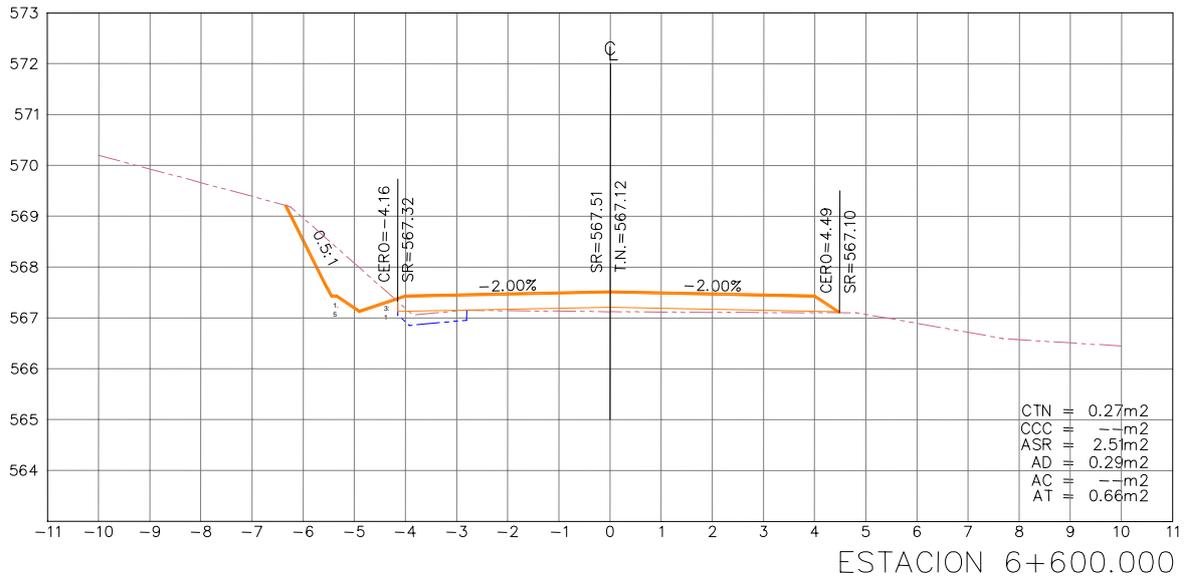
Carga resistente del tubo
< 14056.2249 Kg/m²

Por lo tanto se acepta el tubo por flexión con la altura de 1.3 m. de colchón.

Las características, detalles y ubicación de las alcantarillas diseñadas se muestran en el plano 2.

4.9. Bombeo del camino.

El bombeo del tramo carretero en análisis, conforme a la forma de la sección transversal del mismo; con fin de tener un buen drenaje del agua hacia los lados del camino, una fácil y segura circulación de los vehículos, debe ser conforme a la superficie, para este caso será del 2% por ser un camino asfaltado como se muestra en la siguientes sección.

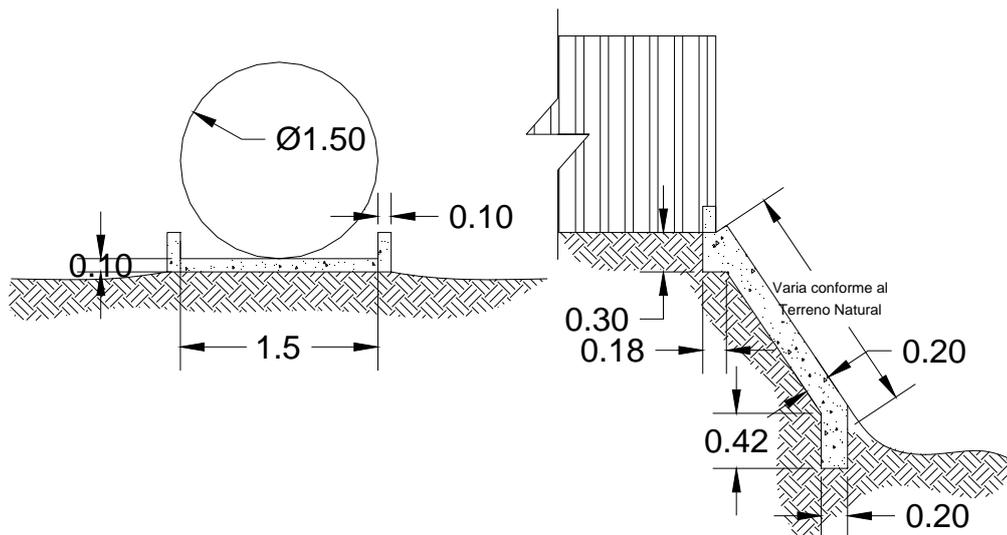


Este bombeo no se cumple al entrar o salir de una curva, puesto que genera inestabilidad e inseguridad para los vehículos, en lo que a drenajes se refiere este no es considerable por tenerlo en poca longitud del tramo. Algunos detalles del drenaje y bombeo se muestran en algunas secciones transversales en los planos 1-A y 1-B.

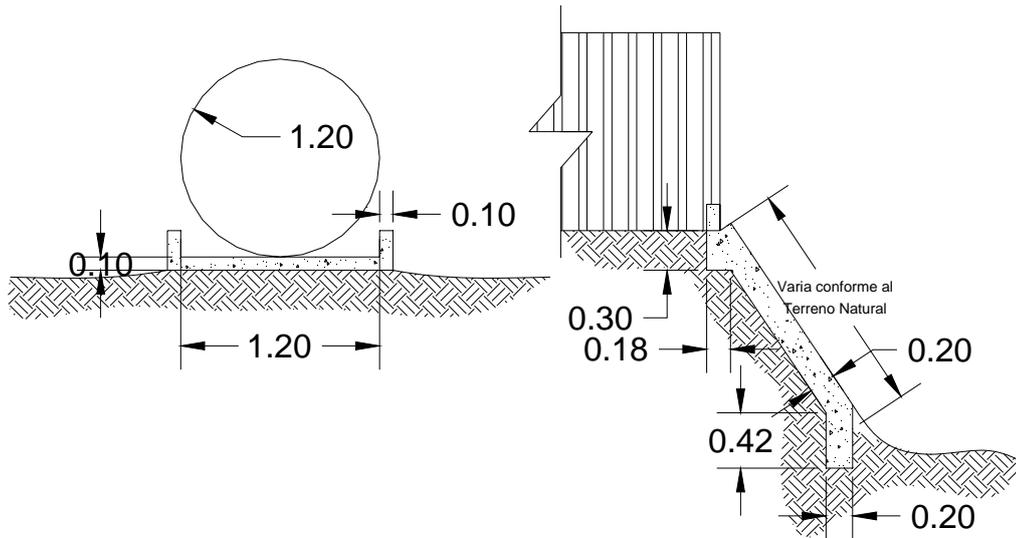
4.10. Diseño de lavaderos.

El diseño de los lavaderos es criterio del ingeniero drenajista, para este caso se tomaran de acuerdo las condiciones del suelo aguas debajo de cada alcantarilla.

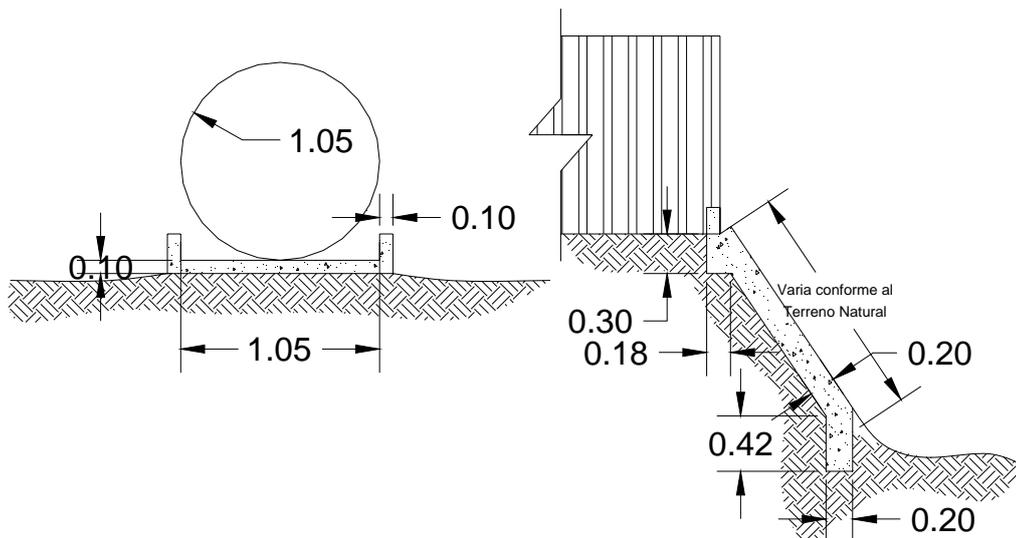
Para la alcantarilla 1 ubicada en el kilómetro 8+360 se diseña un lavadero con las siguientes dimensiones:



Para la alcantarilla 2 ubicada en el kilómetro 8+180 se diseña un lavadero con las siguientes dimensiones:



Para la alcantarilla 3 ubicada en el kilómetro 8+940 se diseña un lavadero con las siguientes dimensiones:



Terminando con el análisis se tienen las alcantarillas en los kilómetros 8+360, 8+180 y 8+940, con diámetros de 1.50, 1.20 y 1.05 metros respectivamente. Se colocaron lavaderos aguas debajo de acuerdo con el terreno natural a criterio del ingeniero drenajista, en base a la revisión de la cuneta tipo se tiene que es la mas adecuada para el proyecto de drenaje de este tramo, las dimensiones de la cuneta son mostradas en el plano 2. El bombeo se diseño del 2% por ser un camino asfaltado y para tener una mayor seguridad para el transito de la vía.

CONCLUSIÓN

Luego de realizar la investigación teórica y de campo y de haber cumplido los objetivos de diseñar por medio de los cálculos el sistema de drenaje del tramo carretero el papayo-meza de cazares - la ciénega del km. 6+500 al 9+500 en el municipio de Taretan, y cumplir los objetivos específicos estableciendo y partiendo de la definición de un sistema de drenaje identificando las diferentes obras para un buen sistema de drenaje definiendo que es un drenaje superficial y un drenaje subterráneo, todos estos objetivos se cumplieron en base a la teoría respaldada por este trabajo de investigación. Después de calcular las cuencas de aportación necesarias para el cálculo de las obras de drenaje se logró un buen diseño de drenaje para este tramo carretero.

En lo referente a las interrogantes que se presentaron al inicio de la presente investigación para guiar a un diseño de drenaje siendo las respuestas las siguientes:

Una vía terrestre es una vía de comunicación (camino). Que cuenta con un área de rodamiento, esta surgió con la necesidad de transportarse de un lugar a otro y fue evolucionando conforme a la evolución de los automóviles que circulaban por dichas vías. Un sistema de drenaje es un conjunto de obras civiles con el objetivo de evitar que el agua circule de manera excesiva sobre el camino provocando que en las zonas erosionadas el agua de lugar a la formación de baches, así como el agua que circula sobre las cunetas reblandezca las terracerías disminuyendo el esfuerzo cortante del suelo

originando asentamientos, evitar deslaves por agua de arroyos en terraplenes. La ventaja de un buen sistema de drenaje impacta directamente en la seguridad de los usuarios de la vía de comunicación debido a que un diseño idóneo de drenaje evita accidentes en el camino y es mas seguro para su circulación, además da mayor vida útil a la carretera puesto que el daño a través del tiempo es menor por no dañar su estructuración superficial e interna y evitando un excesivo mantenimiento lo que impacta en el aspecto económico. El diseño que se debe hacer para un sistema de drenaje para un tramo carretero depende de la geología, geografía, topografía e hidrología de dicho tramo para colocar adecuadamente las obras de drenaje. Las principales obras de drenaje que tiene un tramo carretero son: las cunetas que son para recibir el agua de la mitad del camino o de todo en una curva y de algún área de corte, contracunetas estas son para evitar que las cunetas lleven mas agua que aquella para la que fueron diseñadas y evitar que sean muy grandes, bombeo del camino, este drena el agua que cae en el camino, lavaderos, son canales que se construyen en el camino para evitar el deslave del suelo, obras de cruce son para un rápido paso de un lado a otro, son alcantarillas o puentes

Lo más destacado en el presente trabajo de investigación es la cuneta tipo, puesto que sus taludes le dan un buen aspecto y una buena seguridad a la vía de comunicación al evitar peligrosidad para el usuario además de tener una construcción práctica. Se emplea un bombeo del 2% para caminos de pavimento asfáltico que es el suficiente con el fin de drenar hacia los lados el agua que cae sobre la superficie del camino. Otro aspecto relevante en esta tesis son los tipos de alcantarillas los cuales pueden ser de tubo (lamina corrugada, de concreto reforzado, barro vitrificado, fierro fundido y corrugados

de polietileno), de cajón construidas generalmente de concreto reforzado, de bóveda construidas de mampostería de concreto simple y de loza de concreto reforzado. La elección del tipo de alcantarilla depende del suelo, de las dimensiones y de la economía.

BIBLIOGRAFÍA

Aparicio Mijares J. (1989).

Fundamentos de Hidrología de Superficie.

Ed. Limusa. México.

Arias Rivera Carlos. (1984).

Cuaderno de Trabajo de Comportamiento de Suelos.

Ed. Universidad Nacional Autónoma de México UNAM Facultad de Ingeniería.

México.

Caly Mayor, R. (1974).

Ingeniería de Tránsito.

México.

Crespo Villalaz, Carlos. (2005).

Vías de Comunicación

Ed. Limusa. México.

Espinoza López, Isela. (1998).

Análisis y Diseño de Drenaje en Carreteras.

Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Etcharren, R. (1969).

Manual de Caminos Vecinales

México.

Hernández Sampieri Roberto. (2004)

Metodología de la Investigación

Ed. Mc. Graw Hill. México.

Institute of Traffic Engineers. (1965)

Traffic Engineering Handbook

Washington, D. C.

Jurado Rojas, Yolanda (2005)

Técnicas de Investigación Documental

Ed. Thomson, México.

Mendieta Alatorre, Angeles. (2005)

Métodos de Investigación y Manual Académico

Ed. Porrúa, México.

Mier S. José Alfonso. (1987)

Introducción a la Ingeniería de Caminos

Ed. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1974)

Manual de proyecto geométrico de carreteras

México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACION.

http://www.michoacan.gob.mx/municipios/88medio_fisico.htm

<http://www.adsmexicana.com/documentoslisting.aps?documentTypeID=477>

