



UNIVERSIDAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DESCARTES

LA IMPORTANCIA DE LAS OBRAS DE DRENAJE
EN CARRETERAS

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA

GONZÁLEZ ESTUDILLO PABLO DAVID

ASESOR

C. ING. JOSÉ RAFAEL GUZMÁN MONZÓN

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS; FEBRERO 2019



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.

DICTAMEN DE APROBACIÓN

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE

DICTAMEN DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
ÍNDICE.....	4
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I.....	10
1.1 Marco Contextual	10
1.2 Planteamiento del Problema.	15
1.3 Justificación.....	15
1.4 Objetivos.....	17
1.4.1 General.....	17
1.4.2 Específico.....	17
CAPÍTULO II.....	18
2.1 Marco Teórico.	18
2.1.1 Drenaje Superficial.	19
2.1.1.1 Drenaje Longitudinal.	20
2.1.1.1.1 Caces.....	21
2.1.1.1.2 Cunetas.....	22
2.1.1.1.3 Bombeo.....	26
2.1.1.1.4 Contra-cunetas.....	27
2.1.1.1.5 Lavaderos.	28
2.1.1.2 Drenaje Transversal.....	29
2.1.1.2.1 Puentes.....	31
2.1.1.2.2 Alcantarillas.....	32
2.1.1.2.3 Vados.....	36
2.1.2 Drenaje Subterráneo.	37
2.1.3 Obras de drenaje complementarias.	38
2.1.3.1 Tubos y tubos perforados.....	38
2.1.3.2 Bajadas.....	39
2.1.3.3 Bermas.....	40
2.1.3.4 Bordillos.	40

2.1.3.5	Dren Horizontal.	41
CAPÍTULO III	.....	43
3.1	Metodología o propuesta a implementar.	43
3.1.1	Factores hidrológicos y geológicos que inciden en el diseño hidráulico de las obras de drenaje.	43
3.1.2	Estudios de campo.	44
3.1.3	Premisas para el estudio de las obras de drenaje.	44
3.1.3.1	Características topográficas.	45
3.1.3.2	Estudios de las cuencas hidrográficas.	45
3.1.3.3	Características del cauce.	45
3.1.3.4	Evaluación de obras de drenaje existentes.	45
3.1.4	Elección del tipo de alcantarillas.	46
3.1.4.1	Tipo y sección.	46
3.1.4.2	Recomendaciones y factores a tomar en cuenta para el diseño de una alcantarilla.	47
3.1.5	Socavación.	47
3.1.5.1	Estudios hidrológicos.	49
3.1.5.2	Estudios hidráulicos.	50
3.1.5.2.1	Sedimentos.	50
3.1.5.2.2	Reducción de la sección hidráulica.	50
3.1.5.3	Estudios geológicos y geotécnicos.	51
3.1.5.4	Estudios topográficos.	51
3.1.6	Medidas preventivas y protección contra los procesos de socavación.	52
CAPÍTULO IV	.....	54
4.1	Resultados y experiencia.	54
CONCLUSIONES	.....	57
ANEXOS	.....	59
GLOSARIO	.....	62
BIBLIOGRAFÍA	.....	65

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1: Ejemplo de obra de drenaje superficial.....	19
Figura 2: Ejemplo de drenaje longitudinal.....	20
Figura 3: Ejemplo de caces.....	21
Figura 4: Cuneta, sección en cajón.....	22
Figura 5: Cuneta, sección en balcón.....	22
Figura 6: Ubicación de los distintos sistemas de recogida de agua pluviales.....	24
Figura 7: Barreras de protección (biondas).....	25
Figura 8: Tipología general de cunetas.....	25
Figura 9: Bombeo en tangente.....	26
Figura 10: Contra-cunetas.....	27
Figura 11: Realización de contra-cuneta en obra.....	27
Figura 12: Lavaderos.....	28
Figura 13: Supervisión de elaboración de lavaderos.....	28
Figura 14: Obras de drenaje transversal.....	30
Figura 15: Puentes.....	31
Figura 16: Perfil de una alcantarilla.....	32
Figura 17: Ejemplo de alcantarilla en obra.....	32
Figura 18: Alcantarilla tipo marco de concreto.....	33
Figura 19: Alcantarilla de tubo de concreto.....	33
Figura 20: Alcantarilla abovedada.....	34
Figura 21: Alcantarilla tipo tubo de polietileno de alta densidad.....	34
Figura 22: Ejemplo de vado.....	35
Figura 23: Construcción de vado en obra.....	36
Figura 24: Proyección de tubo en terraplén.....	37
Figura 25: Bajada para defensa de una alcantarilla	38
Figura 26: Berma en corte.....	39
Figura 27: Bordillo.....	40
Figura 28: Dren horizontal.....	41
Figura 29: Socavación en puente.....	47

Figura 30: Estudios hidrológicos en obra.....	48
Figura 31: Realización de estudios geológicos y geotécnicos	50
Figura 32: Estudios topográficos en obra.....	51
Figura 33: Protección contra socavación en puentes.....	52

INTRODUCCIÓN

Debido a los modernos medios de transporte, el desarrollo del mundo ha evolucionado por lo cual a diario se presentan nuevos retos para el ingeniero de este siglo. El ingeniero civil actual, se ve en la necesidad de dar solución que esté a la par de todo este fenómeno de la modernización del mundo.

Es muy importante ponerse a pensar en lo indispensable que son para el ser humano los medios de transporte y como éstos han evolucionado con el paso del tiempo. Uno de esos medios es el automóvil. Los primeros automóviles llegaron a México en 1900 lo que creó la necesidad de desarrollar un nuevo sistema de caminos.

Como bien es sabido, los caminos o carreteras sirven para unir una comunidad con otra y de esta manera mantener comunicación entre ellas. Los caminos son considerados vitales en el crecimiento y avance de un país, es precisamente aquí, en estos aspectos, donde se refleja este avance indispensable y necesario para el comercio y turismo de un país, con excelentes vías de comunicación.

Las obras de drenaje carretero, han sido necesarias para la preservación¹ en primera instancia de las carreteras, sirviendo para controlar la erosión², estabilización de taludes y como protección a la estructura del pavimento.

Es de vital importancia conocer sobre las obras de drenaje que se ubicaran a lo largo de la carretera, ya que cumplen una función muy importante, que es la de conservar seco el pavimento, y ayudar así a su mejor funcionamiento, evitando erosiones, que a su vez genera que falle el asfalto, apareciendo grietas por todo el largo del camino.

Al mismo tiempo que han sido obras complementarias a la construcción de carreteras, han servido como medida de mitigación de los impactos generados por la

misma, puesto que al realizarse cortes al terreno y al destruir la capa vegetal, el suelo queda expuesto a la erosión, lo que es a la vez un impacto negativo al medio ambiente, que es controlado por las obras de drenaje.

Esta tesina ha sido estructurada para abarcar los detalles de las obras de drenaje y como desde su construcción y funcionamiento éstas tienen interacción con el entorno. Los drenajes son estructuras que sirven para canalizar las direcciones de los torrentes bien sean en estados naturales o estados artificiales.

Cuenta con cinco capítulos, en el cual en el capítulo uno, incluye lo que es el marco contextual sobre el tema “La importancia de las obras de drenaje en carreteras”. En el capítulo dos incluye el marco teórico. En el capítulo tres incluye la metodología o propuesta que implementé para el desarrollo de las obras de drenaje en carreteras, en el capítulo cuatro se realizó los resultados y experiencias asimiladas y en el capítulo cinco se tienen las conclusiones.

CAPÍTULO I

1.1 Marco Contextual

La historia del drenaje en el mundo comienza alrededor del año 3750 a.c. que fue el primer drenaje que se tiene referencia siendo construido en Nippur (India), posteriormente en los centros poblados de Asia Menor y de Oriente Próximo utilizaron conductos de alfarería.

En Atenas y Corinto, en la antigua Grecia, se empezaron a construir verdaderos sistemas de drenaje en los cuales se utilizaron canales rectangulares cubiertas de atarjeas que son losas planas, estas en su caso formaban parte del pavimento en las calles.

Uno de los sistemas de drenaje de la antigüedad más conocida es de la Antigua Roma, en el cual desarrollaron una red de saneamiento llamada la Cloaca Máxima o Alcantarillado Mayor, que es una de las más antiguas de la historia, en la que su principal función era desecar las aguas pantanosas del subsuelo. Era un método de saneamiento eficiente, pero a la vez muy pestilente.

Más tarde, durante la Edad Media, no se produjo ningún avance importante en el sistema de saneamiento de la ciudad, generando muchos años de insalubridad en las ciudades debido a la falta de un sistema de gestión de las aguas negras, mismas que provocaron muchas enfermedades y muertes de miles de personas.

Estos graves problemas se convirtieron en un punto en el que las autoridades de ese entonces tenían que solventar, por lo que poco a poco se empezaron los primeros trabajos de cerramiento de letrinas, también se realizaron limpiezas y purga de canales.

En los siglos XVIII y XIX, surgieron las teorías higienistas en las cuales se obtuvo un verdadero cambio, produciendo una verdadera distribución de agua para

consumo mucho más limpia y mejorando la recolección de los excedentes del uso doméstico.

Derivado de las grandes epidemias urbanas que cobraron muchas vidas en el siglo XIX causadas por la ineficiencia de los drenajes en ese entonces, se contribuyó a impulsar un sistema el cual consistía en la recolección y transporte de las aguas fuera de las ciudades. Primero se realizaron todas las infraestructuras necesarias y continuando con la práctica romana, se evacuaron las aguas pluviales dentro de las ciudades. Los primeros desagües en Europa y los Estados Unidos tuvieron como objetivo la recogida de aguas pluviales, y, posteriormente a estos colectores se le fueron añadiendo estructuras para que también evacuara las aguas residuales domiciliarias. La primera red de drenaje subterráneo se construyó en París, Francia en el siglo XIX.

En la elaboración y construcción de las obras de drenaje están integrados por personas capacitadas tales como topógrafos, ingenieros civiles, hidrólogos, ya que, al tener un proyecto de camino, estos presentan trazos y soluciones constructivas que implican la necesidad de un levantamiento topográfico y el análisis del ingeniero civil y del hidrólogo para definir la solución adecuada, ya que esto será necesaria para definir una continuidad y un correcto trazado del propio camino.

También los topógrafos y los ingenieros civiles están implicados en el punto de dar una solución a los problemas puntuales de paso, acuerdo con otros caminos o simplemente para un correcto diseño de las obras de drenaje (cunetas, contra cunetas, puentes, lavaderos, etc.)

En la elaboración de un proyecto de camino se necesitará un levantamiento topográfico cuando se presenten algunos puntos como:

- Para tener una correcta definición en las excavaciones y los vados.
- Siempre y cuando el paso del drenaje tenga más de 4 m de luz.

- Para la construcción de vados de más de 10 m de largo.
- Cuando sea necesario la estabilización de una berma en el talud.
- Cuando la justificación de una excelente definición y ejecución de las obras de estabilización proyectadas así lo requieran.

La función del hidrólogo en la elaboración de los diferentes tipos de drenaje se basa en diferentes tipos de información recabadas en la Dirección General de Servicio Técnicos, acerca de los caudales de lluvias históricas en la República Mexicana, recabando también información en los datos del INEGI, la SCT publica libros con las curvas isoyetas de Intensidad – Duración – Período de Retorno, para cada uno de los estados de la República Mexicana.

Mediante las curvas isoyetas, el hidrólogo puede obtener la intensidad de lluvia y milímetros por hora de cualquier sitio. Con toda esta información recabada y complementada con los usos de suelo que se encuentran en el INEGI, se puede; calcular lo que es el gasto máximo de agua que puede pasar en un punto de un río en el cual cruzaría el camino, y con ello el hidrólogo obtendría en forma de anteproyecto, las dimensiones del drenaje transversal (puente) que se necesitaría en cada sitio de cruce.

Otro punto importante en el cual los topógrafos, ingenieros e hidrólogos deben conocer para saber la cantidad de agua que llegará a la carretera es:

- La intensidad de la lluvia.
- El área que recorrerá esa lluvia.
- Tipo de terreno va a escurrir esa agua hasta llegar a la carretera.

Con estos datos, se calculan las obras de drenaje necesarias para el trayecto. Del resultado de un buen estudio y análisis de las obras de drenaje, depende en mucho evitar la prematura destrucción de las carreteras.

Es necesario saber la cantidad de agua y el lugar en el cual llegara a la superficie del pavimento, para darle paso a través de puentes, alcantarillas, vados, cunetas, contra cunetas, etc.

Incluso para el diseño de las obras de drenaje básicas, se necesita un estudio topográfico, ya que son muchas las decepciones con respecto a la ubicación de los diferentes tipos de drenaje que se hacen en la carretera, teniendo como resultado:

- Encharcamiento o almacenamiento de agua arriba del pavimento.
- Daño al pavimento.
- Fallas en el terraplén.

El sistema de drenaje en el estado de Chiapas está muy por debajo de lo esperado debido a la poca conciencia de la población y de las autoridades en la toma de acciones para atender los problemas de la contaminación en él estado.

La contaminación del agua y afectaciones en el estado, es un grandísimo problema que a través de los años va aumentando día con día, debido a las descargas de aguas negras que se realizan principalmente en los ríos y arroyos del estado.

En un artículo publicado en el mes de junio por el periódico Cuarto Poder, el director de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Frontera Sur, menciona lo siguiente.

“En Chiapas se tienen identificados 135 puntos de descargas de aguas negras, mismos que afectan el 79% de ríos y arroyos pertenecientes a la entidad chiapaneca, donde se ven involucrados cerca de 82 municipios”¹.

¹ Zambrano, D. (s.f.). *Afectado el 79% de ríos en Chiapas. Cuarto Poder.*

Comparto la opinión del director de la Comisión Nacional del Agua, en el que, en todos los ríos de Chiapas, a falta de conciencia de la misma población del estado y por lo consiguiente provoque la contaminación en los diferentes ríos proveniente a las múltiples descargas de aguas negras residuales.

A consecuencias de las diferentes temporadas de lluvia en el estado, Andrés Carballo Bustamante, director general del Instituto Estatal del Agua (INESA) en Chiapas, menciona lo siguiente.

“Debido a la temporada de sequía los lugares más preocupantes son los municipios de la costa, entre ellos, Arriaga, Pijijiapan y Mapastepec, donde los niveles de agua han sido muy bajos, por lo que constantemente se realizan monitoreos bacteriológicos”².

La opinión citada, expresada por el director general del Instituto Estatal del Agua (INESA), conlleva a lo que en verdad está pasando el estado en estos momentos. La falta de agua en esas temporadas de seca para la zona de la costa es muy difícil para la población sureña.

Aunque la mayoría de la población cuenta con pozo, los niveles bajos de agua afectan tanto al grado de que los pozos se secan, y si no cuenta la comunidad con un sistema de agua potable, las condiciones se vuelven cada vez más difíciles.

Una de las grandes problemáticas del estado es que en total de los 122 municipios que cuenta, cerca de 82 municipios se ven involucrados en la afectación de casi el 79% de los ríos en Chiapas ya que se tienen identificadas 135 puntos de descargas de aguas negras. De los 82 municipios involucrados, es algo decepcionante que solo 9 municipios tratan las aguas negras o en su caso solo una

² Zambrano, D. (s.f.). *Afectado el 79% de ríos en Chiapas. Cuarto Poder.*

parte de estas. Generando que la población se encuentre en peligro de padecer enfermedades.

1.2 Planteamiento del Problema.

Uno de los principales problemas en una carretera, se presenta durante las etapas de lluvia, afectando la erosión de los taludes y si no cuenta con una buena obra de drenaje, las consecuencias podrían ser fatales.

Al momento de diseñar una carretera, las obras de drenaje tienen una ubicación en específico durante el proyecto. Pero a veces la mala ubicación de los drenajes que están destinados en él proyecto ocasionan un grave problema para el pavimento, deteriorando así su tiempo de vida del pavimento.

Es por éstas razones que el mantenimiento del drenaje superficial, subterráneo y aún más su diseño y construcción es muy importante de tomarse en cuenta desde los inicios para así evitar gastos elevados a futuro durante el funcionamiento de una carretera.

¿Será necesario tomar todos los datos en campo que indiquen el uso de obras de drenaje en la construcción de una carretera?

1.3 Justificación.

La intención de esta tesina se basa en que las carreteras a nivel nacional no cuentan con obras de drenaje precisas, que estén en una buena localización. Esto propicia que muchos pavimentos de concreto asfáltico se encuentren en un estado crítico para los usuarios que día a día, la usan para llegar a un determinado destino.

En una carretera, el sistema de drenaje es el conjunto de obras que permiten un manejo adecuado de los fluidos, en los cuales es indispensable considerar los procesos de captación, conducción y evacuación de los mismos.

Las obras de drenaje en carreteras han sido necesarias para la preservación en primera instancia de las carreteras, sirviendo para controlar la erosión, estabilización de taludes y como protección a la estructura del pavimento. El exceso de agua u otros fluidos en los suelos o en la estructura de una carretera, afecta sus propiedades, por tal motivo aun cuando el agua es un elemento fundamental para la vida, es una de las causas más importantes del deterioro prematuro de la infraestructura vial.

La elaboración de esta tesina tiene como objetivo principal, dar a conocer un aspecto más amplio de las características, métodos y condiciones que se emplean en la elaboración y construcción de los drenajes y sub-drenajes

Al contar con una buena obra de drenaje en las carreteras, se obtienen grandes beneficios en el aspecto de la seguridad para los usuarios principalmente en las temporadas de lluvia, menos costos de mantenimiento para la carretera, un mayor periodo de vida.

Así mismo, se logra obtener una obra de gran calidad que cumpla con su vida útil con el cual fue proyectada.

Un buen sistema de drenaje tendrá un impacto positivo tanto para la carretera y para el medio ambiente, puesto que, si no se realizaran, no solo la infraestructura del pavimento se vería amenazada, si no también lo que sería el medio ambiente.

1.4 Objetivos.

1.4.1 General.

Los principales objetivos de esta tesina es presentar planteamientos de los problemas más comunes y soluciones para obtener una buena obra de drenaje, con el fin que los usuarios tengan una mejor infraestructura vial.

1.4.2 Específico.

Los objetivos específicos de esta tesina son:

- Diseñar las obras de drenaje mediante estudios hidrológicos para conocer qué tipo de obra de drenaje pueda ser la más factible de hacer en un determinado tramo de la carretera.
- Recopilación de datos de campo para el estudio de drenaje en carreteras.
- Emplear diversas herramientas y aplicaciones computacionales, que faciliten el manejo de la información y se encarguen de proporcionar resultados útiles para los diferentes tipos de diseño de drenaje.

CAPÍTULO II

2.1 Marco Teórico.

En este capítulo se tratarán temas relacionados con autores que citan temas con respecto a mi investigación. El drenaje tiene una función específica que es la de alejar toda el agua de la carretera, ya que, con el exceso de agua sobre la superficie del pavimento, estas mismas pueden afectar a la carretera de la siguiente manera.

- Una disminución de la adherencia entre la superficie de rodamiento y los neumáticos de los vehículos o de cualquier tipo de transporte.
- El exceso de agua genera o da origen a baches y al reblandecimiento del pavimento.

La eliminación definitiva del agua es un punto importante en el fracaso o el éxito de una infraestructura viaria. El sistema de drenaje formado por componentes dispuestos en la obra para disminuir la influencia estructural y funcional del agua.

En este capítulo se analizarán los tipos de sistemas de drenaje que actualmente existen en los proyectos carreteros.

- El drenaje superficial (longitudinal y transversal).
- El drenaje subterráneo.

Los elementos de los drenajes transversales, longitudinales y del drenaje subterráneo deben ser planteados teniendo en cuenta la necesidad de su mantenimiento y conservación.

2.1.1 Drenaje Superficial.

Recabando información sobre lo que es el drenaje superficial, concuerdo con un concepto sobre éste mismo.

“El drenaje superficial, en particular, es básico en toda la infraestructura lineal, ya que de alguna manera establece el nivel de seguridad que tiene para:

- Funcionar correctamente durante una precipitación.
- Asegurar un buen funcionamiento de un eventual drenaje subterráneo.
- Permitir un acceso adecuado al territorio cuando la precipitación ya ha terminado.”³

El drenaje superficial tiene la función de remover los excesos de agua acumulados sobre la superficie del terreno, a causa de lluvias muy intensas y frecuentes, topografía muy plana e irregular y suelos pocos permeables. El sistema está conformado por el drenaje longitudinal y el drenaje transversal.

³ Carlos Kraemer , J. M. (Septiembre 2003). *Ingeniería en Carreteras*. Madrid, España: Mc Graw Hill.



Fig. 1: Ejemplo de obra de drenaje superficial.

2.1.1.1 Drenaje Longitudinal.

En el drenaje longitudinal lo conforman todas aquellas obras construidas longitudinalmente sobre el pavimento cuyo objetivo de estas es la de “proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia, en forma permanente o eventual, pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a ésta, riesgos al tráfico o a la propiedad adyacente”⁴.

Para eludir el impacto negativo que puede ocasionar el agua tanto en la estabilidad en el cual se construyen obras como las contra cunetas y en la durabilidad del pavimento, en este capítulo consideraré los diferentes sistemas de obras de drenaje necesarios para poder captar y eliminar las aguas que se puedan acumular en el pavimento.

⁴ Rubí, M. C. (s.f.). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/105257073/Seccion-5-Drenaje-Transversal-en-Carreteras>



Fig. 2: Ejemplo de drenaje longitudinal.

Los caces y las cunetas son elementos primordialmente del sistema del drenaje longitudinal, en cuanto al diseño de las obras, debe de estar en organización con el trazado del pavimento en donde también se tiene que ver que la carretera cuente con un bombeo reglamentario el cual es primordial en un proyecto de carreteras para que el agua se desplace a los lados con dirección hacia los bordillos o cunetas y generalmente desembocando por los lavadores.

2.1.1.1.1 Caces.

Un caz es un elemento del drenaje longitudinal constituido por una reducida franja revestida y de poca profundidad. Su uso es frente a los bordillos de las aceras de la carretera. Suelen tener una anchura no menor a 30 centímetros y no mayor a 1 metro.

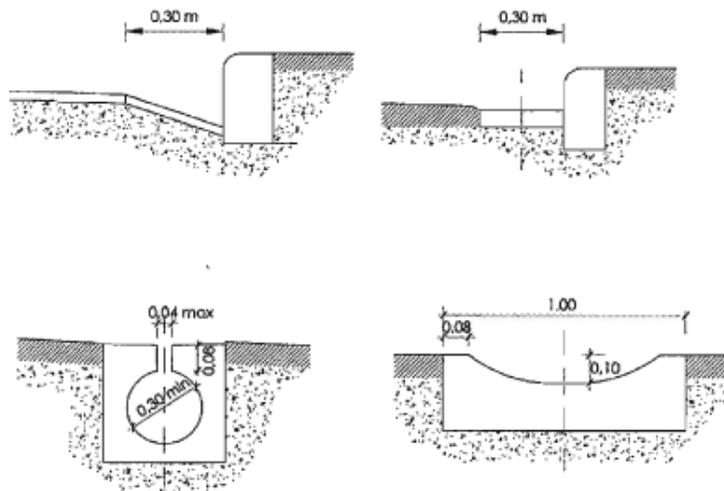


Fig. 3: Ejemplo de Caces

2.1.1.1.2 Cunetas.

“Las cunetas son estructuras de drenaje que captan las aguas de escorrentía superficial proveniente de la plataforma de la vía y de los taludes de corte, conduciéndolas longitudinalmente hasta asegurar su adecuada disposición.”⁵

Las cunetas pueden construirse de diferentes materiales dependiendo de la velocidad de la circulación del agua.

⁵ Jader Velázquez, (s.f.). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/241197331/CUNETAS>

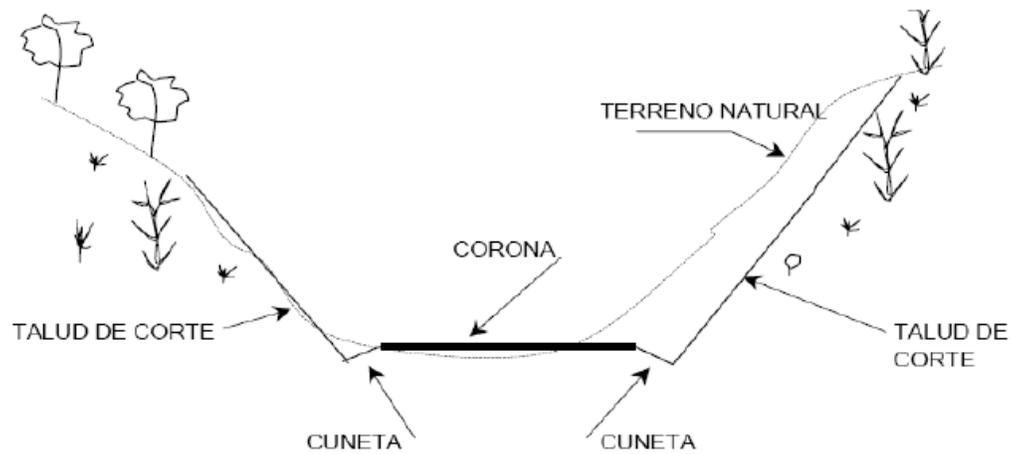


Fig. 4: Cuneta, sección en cajón.

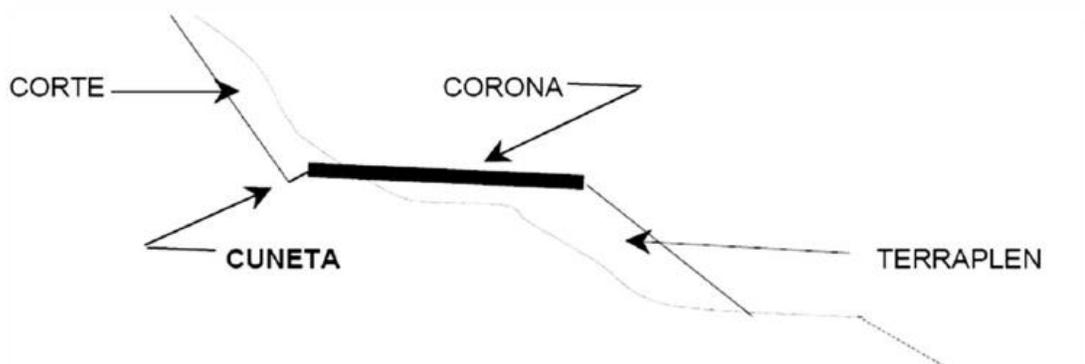


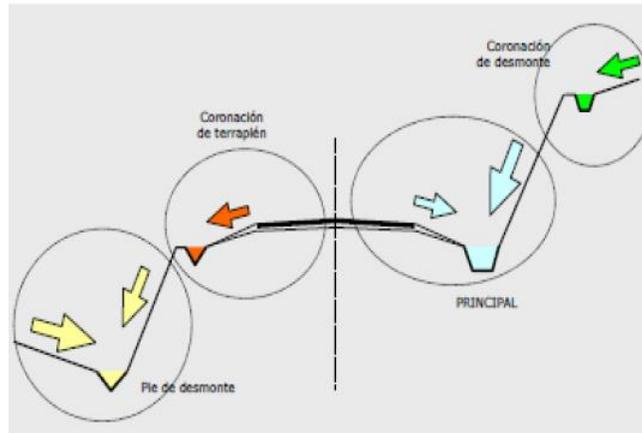
Fig. 5: Cuneta, sección en balcón

Una velocidad muy superior a la tolerable por el material de la cuneta, provocaría arrastres y erosiones de la misma, esto reduciendo la funcionalidad de la cuneta.

Otras disposiciones propias de las cunetas son:

a) **Cuneta de coronación de desmonte.**

Este tipo de cuneta se coloca en la parte más erosionada y en la parte más erosionada y materiales que así como para caudal que cuneta principal.



cuneta se coloca alta para evitar la arrastre de los materiales que conforman el talud, aliviar parte del caudal que debería recoger la

b) **Cuneta de coronación del terraplén.**

de coronación

Este tipo de cuneta al igual que la anterior, evita que el agua recogida penetre en el talud, lo que podría ocasionar arrastre o incluso el desmoronamiento parcial del terraplén. Son de menor tamaño, ya que únicamente deben evacuar el agua recogida en el firme.

c) **Cuneta de pie del terraplén.**

La finalidad de este tipo de cuneta es recoger las aguas que caen sobre el talud del terraplén y sobre el terreno circundante, sobre todo si su pendiente vierte hacia el propio relleno, ya que podría llegar a erosionar gravemente la base del mismo.

Fig. 6: Ubicación de los distintos sistemas de recogida de agua pluviales.

Existen diversos tipos de secciones empleadas en la construcción de cunetas, aunque hay algunas secciones mejores que otras. Sus parámetros de diseño son los siguientes:

- Sección hidráulica apropiada para la evacuación del caudal máximo previsto para el correspondiente período de retorno; que normalmente se toma entre 5 y 20 años.
- Garantizar la seguridad de los vehículos que accidentalmente abandonen la vía y penetren en la cuneta. A este efecto, deben evitarse secciones con pendientes abruptas y puntos angulosos, ya que pueden provocar el vuelco del vehículo. Si no puede garantizarse este aspecto, deben protegerse mediante barreras de contención, generalmente biondas.



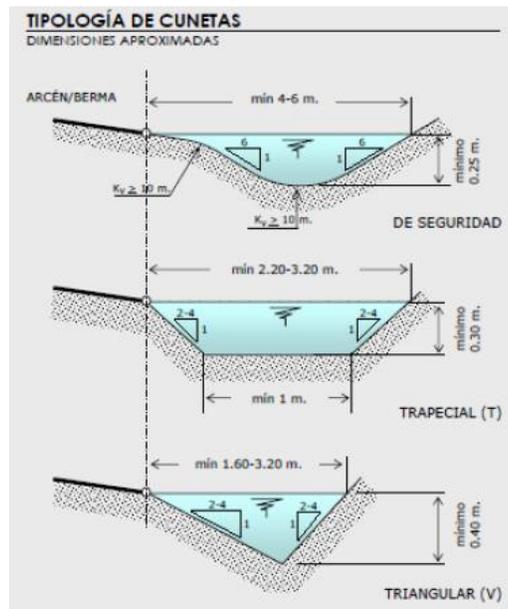
Fig. 7: Barreras de protección (biondas).

- Durabilidad de la infraestructura, empleando materiales adecuados y procurando una cuidada ejecución, de forma que se mantenga operativa con los mínimos costos de mantenimiento y reparación.
- Simplicidad geométrica, de forma que su ejecución sea rápida, barata y eficaz.

En la actualidad, se emplean dos tipos de secciones; las triangulares denominadas en V y las trapeciales, representadas simbólicamente con la letra T.

Fig. 8: Tipología
2.1.1.1.3 Bombeo.

Un bombeo tiene el de facilitar el superficial del agua generalmente de 2%. que el agua escurra



general de cunetas.

como principal finalidad
escurrimiento
con una pendiente
Está pendiente hace
del eje hacia los

bordes del pavimento. Constructivamente el bombeo se forma en la medida que el camino se va construyendo desde su terracería, hasta el pavimento, dando las elevaciones necesarias con mayor altura si este fuera el caso.

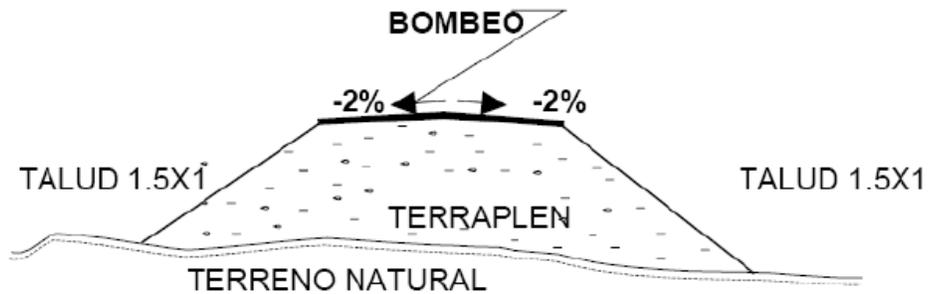


Fig. 9: Bombeo en tangente.

2.1.1.1.4 Contra-cunetas.

Las contra cunetas son las zanjas excavadas sobre el terreno natural que se encuentran en la parte alta de los cortes, uno de su principal objetivo es el de captar el agua superficial que escurre de la parte alta de los cortes para así evitar que el agua llegue hacia el pavimento y pudiendo provocar la erosión de los taludes y el congestionamiento de las cunetas.

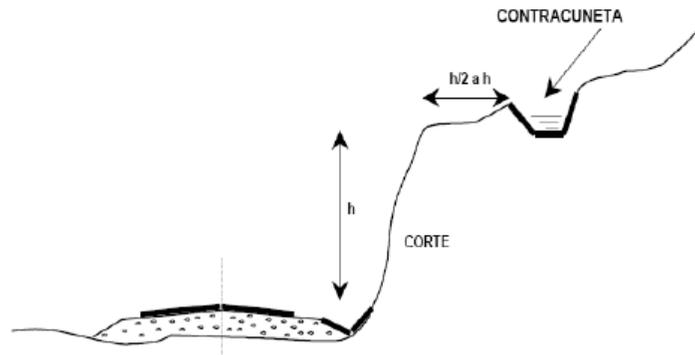


Fig. 10: Contra-cuneta.



Fig. 11: Realización de contra cuneta en obra.

2.1.1.1.5 Lavaderos.

Las obras de drenaje llamadas lavaderos son específicamente canales que se logran juntar con los bordillos de los pavimentos y hacen que el agua baje transversalmente por los taludes, su principal función de este tipo de obra es la de conducir toda el agua que escurre de los acotamientos sobre los bordillos y llegan a los lavaderos llevándolos a lugares alejados de las carreteras, en donde no genere problemas.

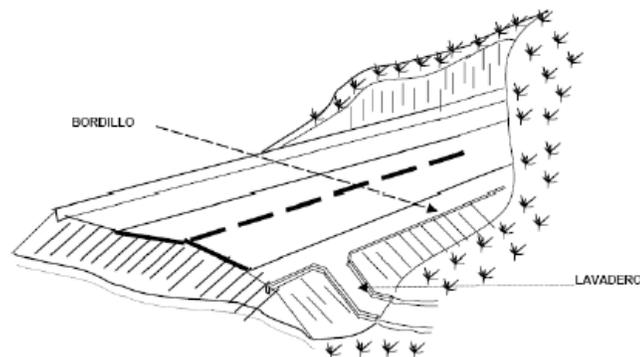


Fig. 12: Lavaderos.



Fig. 13: Supervisión de elaboración de lavaderos.

2.1.1.2 Drenaje Transversal.

El drenaje transversal es la que permite el paso del agua a través de cauces naturales bloqueados por la infraestructura viaria. Varios autores en un artículo de investigación sobre los diferentes tipos de drenaje hacen mención sobre lo que es el drenaje transversal.

“Se denomina obra de drenaje transversal a toda aquella que permita la continuidad de la red de drenaje natural del terreno en el sentido transversal del flujo.”⁶

El objetivo del drenaje transversal es la de permitir la circulación del agua que no se pueda esquivar y tenga que pasar forzosamente de un punto hacia otro sobre el camino. Las obras principales en el drenaje transversal son las alcantarillas y los puentes, dejando a los vados como obras secundarias o complementarias.

Otro autor que habla sobre lo que es el drenaje transversal incluye su punto de vista, dejando en claro lo importante que son estas obras para los proyectos carreteros.

“El drenaje transversal de la carretera se consigue mediante alcantarillas cuya función es proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia, en forma permanente o

⁶ José Arreaza, J. G. (Noviembre 2012). Drenaje Transversal. *Drenaje Transversal y Longitudinal*.

eventual, pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a ésta, riesgos al tráfico o a la propiedad adyacente.”⁷

Coincido con el autor, ya que la alcantarilla es un componente primordial del drenaje transversal, considerada como una estructura pequeña, pero en el proyecto de la carretera resulta importante e incide en los costos de estas mismas.

Impresionantemente este tipo de drenaje también puede ocasionar problemas al presentar un diseño incorrecto o mal diseñadas, al contar con una capacidad insuficiente puede ocasionar inundaciones de zonas colindantes y eventual rebasamiento de la plataforma, erosiones y aterramientos.

Con una velocidad excesiva del agua esto puede provocar erosión remontante que puede afectar a la obra transversal de drenaje, al cuerpo de relleno que la rodea y, eventualmente, a la plataforma.

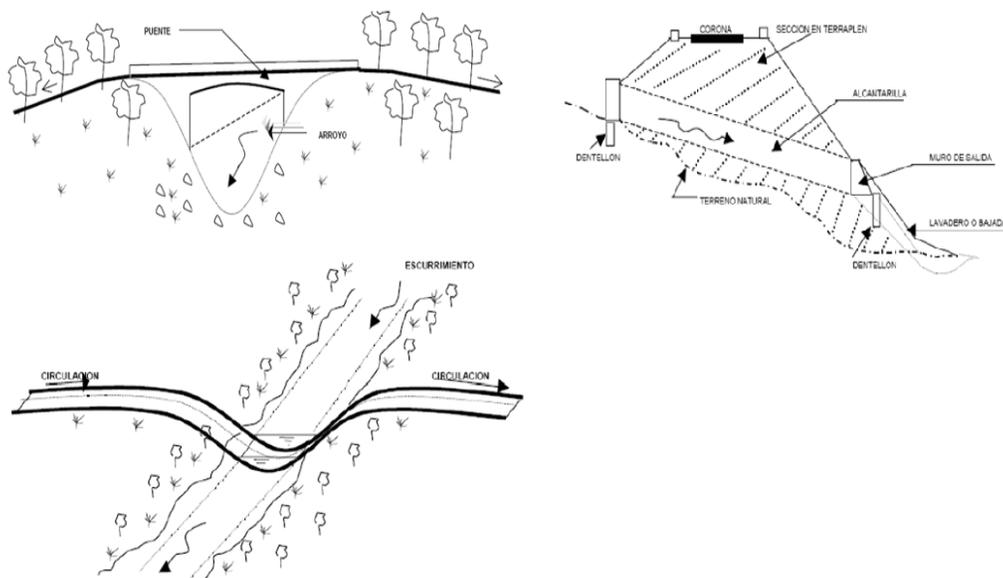


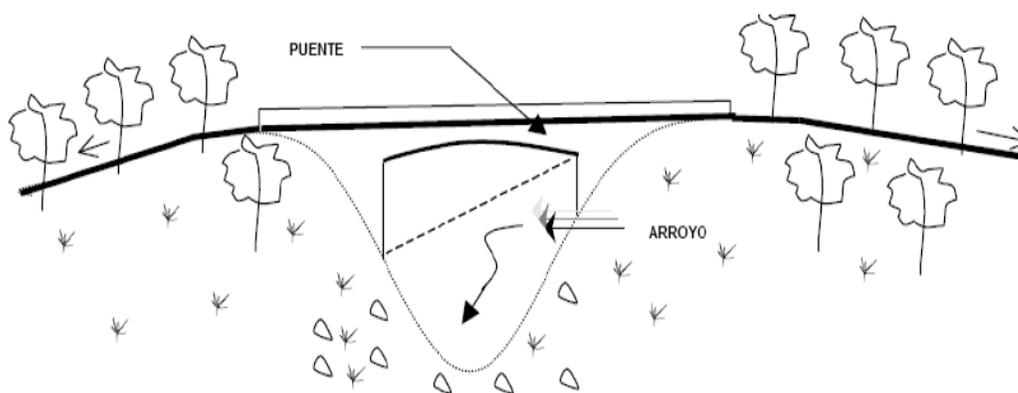
Fig. 14: Obras de drenaje transversal.

⁷ Rubí, M. C. (s.f.). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/105257073/Seccion-5-Drenaje-Transversal-en-Carreteras>

2.1.1.2.1 Puentes.

Recabando información sobre este concepto de puente, concuerdo con la definición que da este autor.

“Los puentes es una de las estructuras de drenaje más espectaculares en una vía terrestre, siendo uno de los principales del drenaje transversal, es decir, que permite el paso de grandes volúmenes de agua, rio, arroyos, a través de la obra, en una dirección perpendicular a ella. Los puentes son obras necesarias para poder librar ríos o arroyos que tienen un caudal muy importante, normalmente los puentes tienen un claro mayor a 6.00 metros y regularmente se construye de concreto y algunas veces se construyen de estructura de acero.”⁸



⁸ Eduardo Casanova, S. B. (Octubre de 2013). *Slideshare*. Obtenido de LinkedIn Corporation : <https://es.slideshare.net/israel12500193/obras-de-drenaje-unidad-3>



Fig. 15: Puente.

2.1.1.2.2 Alcantarillas.

Las alcantarillas son muy indispensables en un camino, normalmente en la construcción de una carretera existen entre 3 o 4 por kilómetro, esto significa una inversión total de un 20% a 25 % del costo total de la obra. Se distinguen de los puentes por contar con un claro menor de 6.00 metros y su construcción varía en formas y materiales.

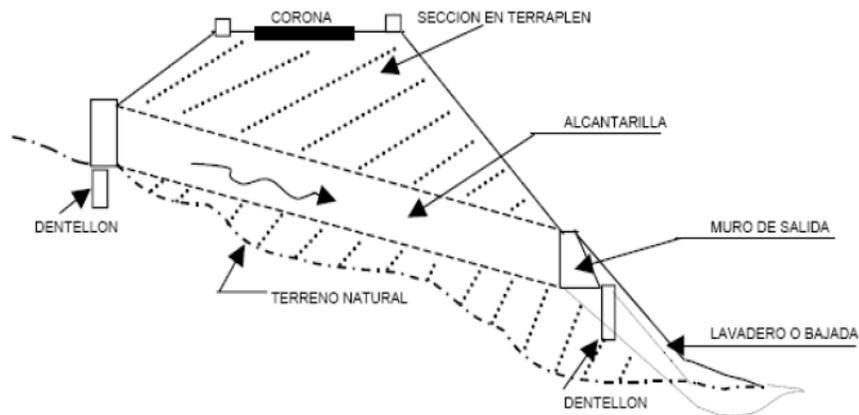


Fig. 16: Perfil de una alcantarilla.



Fig. 17: Ejemplo de alcantarilla en obra.

2.1.1.2.2.1 Elección del tipo de alcantarilla.

A. Tipo y sección.

Los tipos de alcantarillas comúnmente utilizadas en proyectos son de: marco de concreto (*fig. 18*), tuberías metálicas corrugadas (*fig. 17*), tuberías de concreto (*fig. 19*) y tuberías de polietileno de alta densidad (*fig. 21*).



Fig. 18: Alcantarilla tipo marco de concreto.



Fig. 19: Alcantarilla de tubo de concreto.

Las secciones más usuales son las circulares, rectangulares y cuadradas. En ocasiones muy especiales que la obra lo amerite, pueden usarse alcantarillas de secciones parabólicas y abovedadas (*fig. 20*).



Fig. 20: Alcantarilla abovedada.

En las carreteras que tienen un alto nivel de tránsito, y por tener una limpieza y mantenimiento eficaz, se adopta una sección mínima circular de 0.90 mts (36") de diámetro o su equivalente de otra sección.

Las alcantarillas tipo marco de concreto de sección, rectangular o cuadrada, pueden ubicarse a niveles que se requiera, como colocarse de tal manera que el nivel de la rasante coincida con el nivel superior de la losa o debajo del terraplén.



Fig. 21: Alcantarilla tipo tubo de polietileno de alta densidad.

2.1.1.2.3 Vados.

Recabando información sobre el término vados en obras de drenaje, comparto mi opinión en el cual estoy de acuerdo con el autor en el cual cito el concepto del término vado.

“Esta obra de drenaje como solución es poco común, es una obra de paso para el agua, dejando que el agua continúe su curso de manera natural sin afectar su nivel de escurrimiento, es decir, la carretera pasará a nivel del agua respetando su condición actual.”⁹

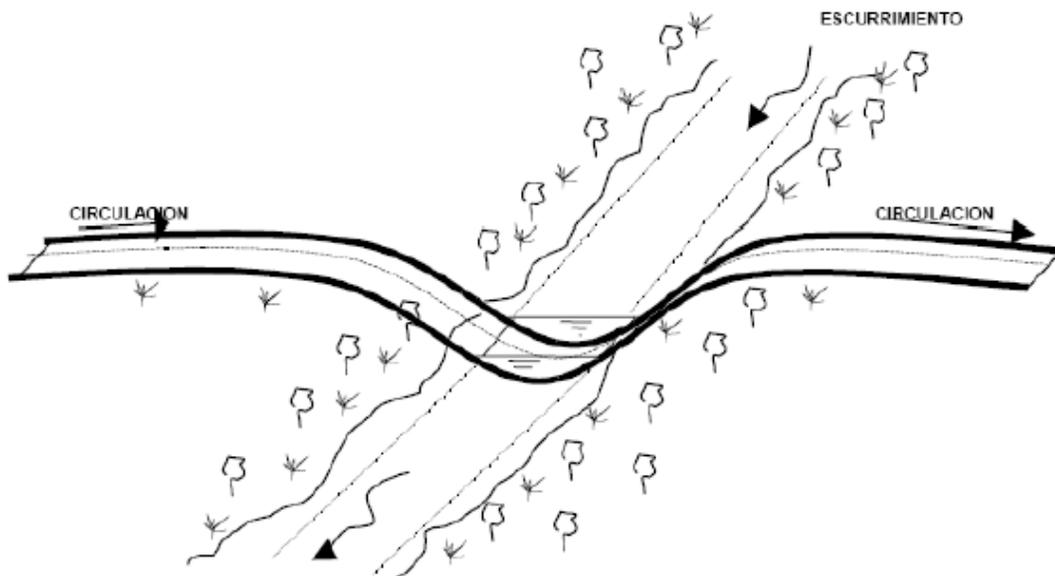


Fig. 22: Ejemplo de vado.

⁹ Díaz, M.d. (s.f.). *Scribd*. Obtenido de Copyright © 2017 Scribd Inc.: <https://es.scribd.com/document/347176171/Clase-6-Obras-de-Drenaje>



Fig. 23: Construcción de vado en obra.

2.1.2 Drenaje Subterráneo.

El drenaje subterráneo tiene por objeto evacuar lo antes posible el agua no superficial existente en la carretera y sus proximidades, particularmente en las explanaciones y en el firme, con objeto de evitar daños de diversa índole.

En la opinión del autor Sosa, I. H., el drenaje subterráneo, “es un tipo de drenaje construido bajo las superficies de los caminos cuyo fin es eliminar el agua subterránea que pueda aparecer y no permitir que esas aguas suban a la plataforma de la vía y la dañen.”¹⁰

En definitiva, el drenaje subterráneo no se diseña para remediar defectos de proyecto o de construcción y sólo se debe disponer donde resulte imprescindible. En particular, el drenaje es de una utilidad muy reducida.

¹⁰ Sosa, I. H. (2006). *Ingeniería Vial I*. República Dominicana. Editora Búho.

2.1.3 Obras de drenaje complementarias.

Aquí mencionare algunas obras de drenaje complementarias que se usan también en el proyecto tanto como para apoyo a las obras de drenaje principales.

2.1.3.1 Tubos y tubos perforados.

Esta obra es muy similar a una obra de alcantarilla, ya que ambas están bajo la carretera. Hay muchos tipos de tubo con diferente sección circular, tanto de lámina corrugada o tubos de concreto.

Su método de colocación sobre la carretera es que el tubo va colocado transversalmente a la carretera, permitiendo la continuidad del caudal existente, siempre y cuando esté correctamente calculado. El diámetro del tubo varía dependiendo del gasto que se genere por el escurrimiento natural, de los cuales pueden variar entre 0.45 cm y 1.50 cm de diámetro regularmente.

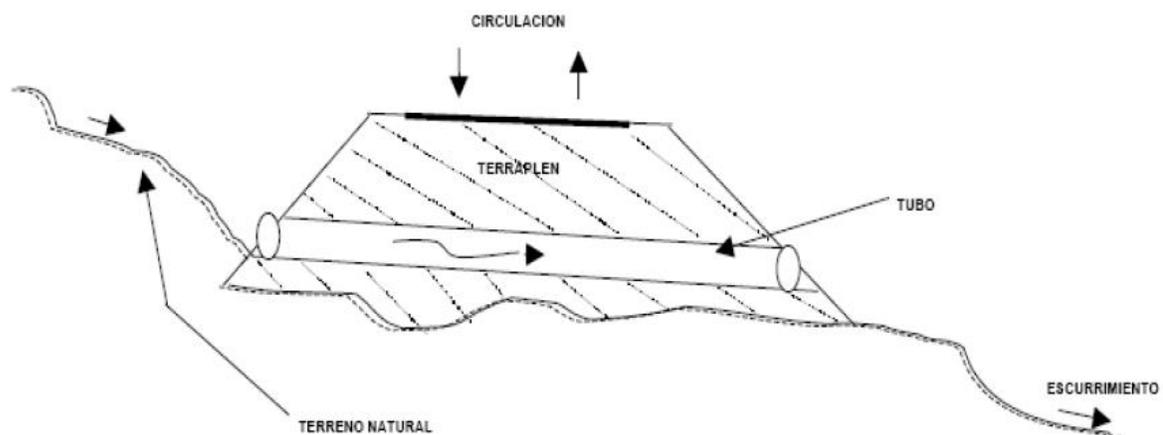


Fig. 24: Proyección de tubo en terraplén.

2.1.3.2 Bajadas.

Según en una investigación sobre las obras de drenaje, Eduardo Casanova comenta. “Esta obra de drenaje tiene una función muy parecida a los lavaderos, pero constituidas por un tubo apoyado en la superficie inclinada del terreno o enterrado en él. En lugares de precipitación escasa o en donde la velocidad del escurrimiento no es alta, podrá utilizarse también el concreto hidráulico para hacer los tubos.”¹¹

Concuerdo con el concepto que da el autor sobre este tipo de obra de drenaje ya que en verdad si tienen similitudes este tipo de obra con los lavaderos antes mencionados.

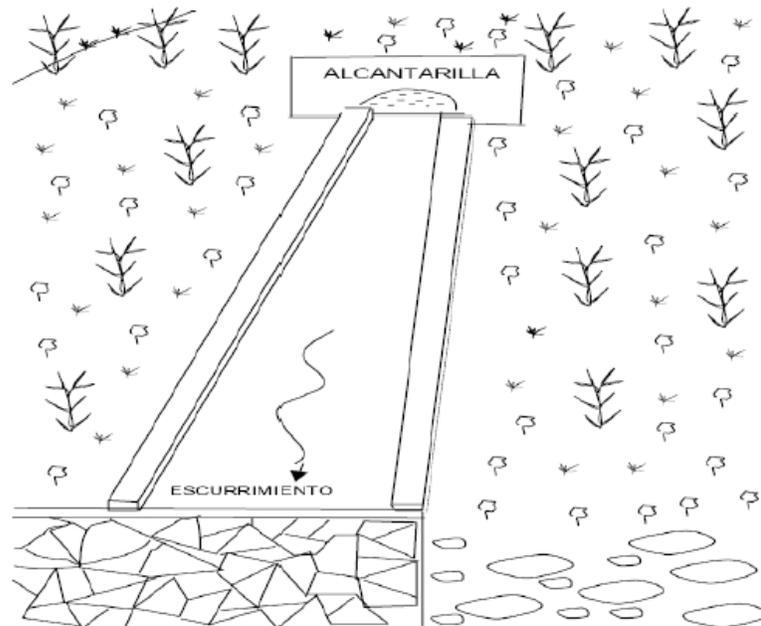


Fig. 25: Bajada para defensa de una alcantarilla.

¹¹ Eduardo Casanova, S. B. (Octubre de 2013). *Slideshare*. Obtenido de LinkedIn Corporation : <https://es.slideshare.net/israel12500193/obras-de-drenaje-unidad-3>

2.1.3.3 Bermas.

Según la investigación publicada por Eduardo Casanova. “Las bermas o escalonamientos cumplen también funciones de drenaje superficial. El propósito de las bermas es disminuir la fuerza erosiva del agua que escurre por los taludes de un terraplén.”¹²

Estos elementos llevan el agua colectada siempre y cuando se les dé una pendiente apropiada hacia los lavaderos, bajadas, de no ser así, el agua provoca erosión o infiltración en los taludes provocando problemas en las cunetas y efectos adversos sobre la estabilidad general.

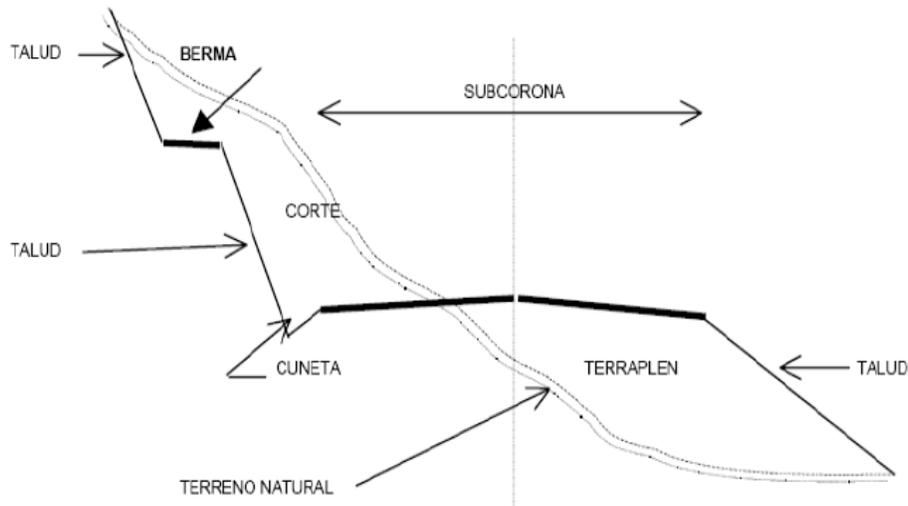


Fig. 26: Berma en corte.

2.1.3.4 Bordillos.

Los bordillos son estructuras que se sitúan en los lados externos de los acotamientos. Son unos bordos chicos que conforman una barrera misma que se encarga de transportar toda el agua hacia los lavaderos y bajadas, eludiendo lo que

¹² Eduardo Casanova, S. B. (Octubre de 2013). *Slideshare*. Obtenido de LinkedIn Corporation : <https://es.slideshare.net/israel12500193/obras-de-drenaje-unidad-3>

son los desgastes y saturación de los taludes por el agua que cae sobre la corona de la carretera.

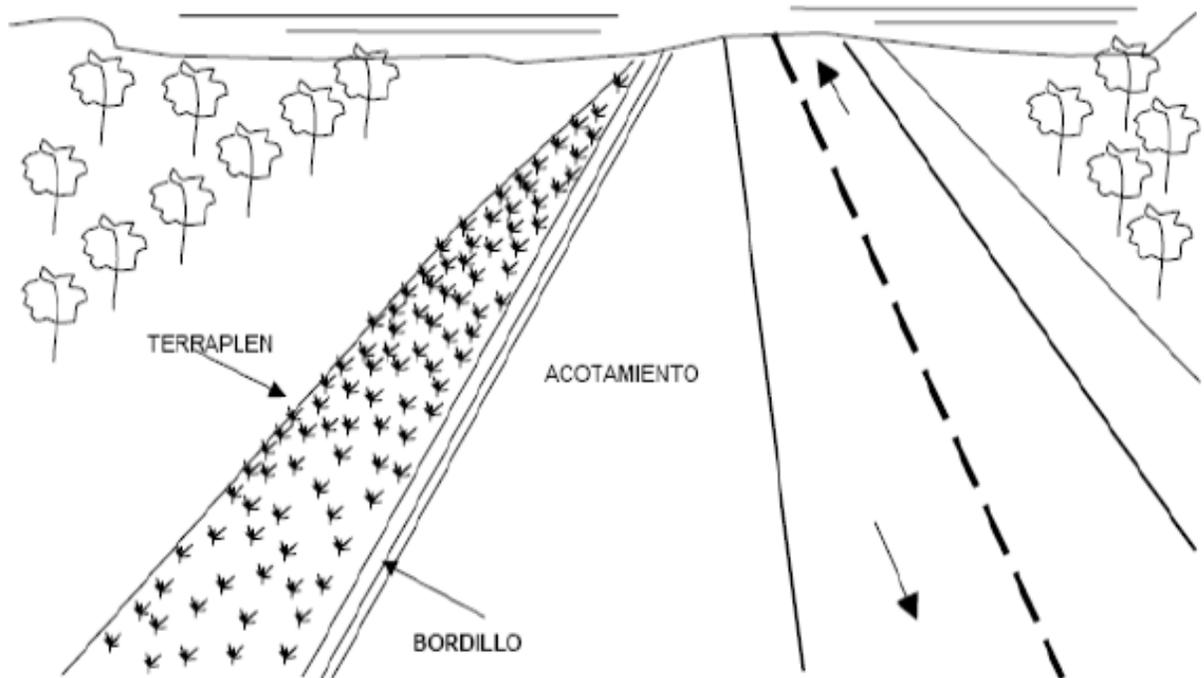


Fig. 27: Bordillo.

2.1.3.5 Dren Horizontal.

El dren horizontal, también conocido como dren de penetración, están constituidos por tuberías de poco diámetro con pequeñas perforaciones o ranuras, las cuales se instalan con una ligera inclinación ascendente en los taludes de cortes o terraplenes para drenar aguas internas y aliviar presiones de poros, lo que trae como consecuencia un incremento en su estabilidad.



Fig. 28: Dren Horizontal.

Los principales beneficios de los drenes horizontales es su probabilidad de drenar el agua y/o abatir las presiones de poros a profundidades inaccesibles para otros elementos de sub-drenaje más convencionales.

CAPÍTULO III

3.1 Metodología o propuesta a implementar.

Esta tesina tiene diversos estudios cualitativos y cuantitativos, su metodología es de manera teórica – práctica en el cual trata algunos temas que están relacionadas a las diversas metodologías que nos permiten estimar los caudales de diseño de las diversas obras que constituyen el sistema de drenaje proyectado para la carretera.

Comenzando con el estudio de los reportes de hidrología y meteorología disponible en la zona de estudio, se exhiben los criterios de los límites y diseños de aplicación de los métodos, a fin de que los ingenieros tomen en cuenta la solución más apropiada para cada caso en particular. La información hidrológica y meteorológica a utilizar en los estudios deberá ser proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional.

3.1.1 Factores hidrológicos y geológicos que inciden en el diseño hidráulico de las obras de drenaje.

Aquí en esta sección describiré los factores que influyen en la obtención de los diseños de las obras de drenaje que puedan garantizar un buen funcionamiento del sistema proyectado, de acuerdo a las exigencias hidrológicas del estudio realizado.

Uno de los principales factores que debemos de considerar es el “tamaño de la cuenca como un factor hidrológico, en donde el caudal aportado estará en función a las condiciones climáticas, fisiográficas, topográficas, tipo de cobertura vegetal, tipo de manejo de suelo y capacidad de almacenamiento”.¹³

Otros factores que también influyen en el diseño de las obras de drenaje son las que se refieren a la presencia de aguas subterráneas, la naturaleza, condiciones de las rocas permeables y de los suelos.

¹³ Perú M. d. (s.f.). *Manual de Carreteras*. Perú

3.1.2 Estudios de campo.

Los estudios de campo que se realizan al visitar algún proyecto carretero debe efectuarse con una finalidad o propósito de identificar y recabar información sobre el proyecto para ver si existen algunas obras de drenaje existentes, observar las condiciones topográficas e hidrológicas del área.

Por lo mismo, el reconocimiento de campo, nos permite a los ingenieros identificar y evaluar las condiciones de origen hídrico actuales del tramo o proyecto como lo son, los asentamientos, deslizamientos, derrumbes, erosiones, que pueden provocar un impacto negativo en la conservación y permanencia de la estructura vial.

Así también, el estudio de reconocimiento de campo nos da la facilidad de detectar y hacer el estudio correspondiente de las diversas cuencas hidrográficas, cuyos cursos naturales de drenaje principal obstaculizan al eje vial en estudio.

Para la realización del estudio o informe de Hidrología, la visita preliminar y el estudio de campo en el proyecto, es de carácter obligatorio, por parte del o los especialistas a cargo de los estudios hidrológicos e hidráulicos.

3.1.3 Premisas para el estudio de las obras de drenaje.

Los estudios de Hidráulica y Drenaje, son recomendables que se realicen después de que el proyecto carretero sea validado para su construcción, y de antemano, los estudios son una actividad importante y obligatoria. Estos son los estudios que se tienen que realizar y tomar en cuenta para la construcción de una buena obra de drenaje.

3.1.3.1 Características topográficas.

El levantamiento topográfico que se realiza para las obras de drenaje menor como son las alcantarillas para la carretera debe cubrir todos los sectores en donde se construirán dichas obras para que permita concretar lo que es el perfil longitudinal del cauce, tanto aguas arriba y abajo de la sección.

3.1.3.2 Estudios de las cuencas hidrográficas.

El hacer un estudio de las cuencas hidrográficas tiene una gran importancia a la hora de la realización del proyecto y de las obras de drenaje ya que el estudio de cuencas nos da las características hídricas y geomorfológicas respecto a su aporte y el comportamiento hidrológico.

Es realmente necesario determinar sus características de las cuencas para el diseño de obras de drenaje tales como, su área, la forma de la cuenca, sistemas de drenaje, características de relieve, suelos, etc. Todos estos elementos que conforman la cuenca y sus alrededores proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.

3.1.3.3 Características del cauce.

Se refiere a las características de la capa, tales como forma, tipo de suelo, tipo de cobertura vegetal, tipo de material de arrastre, sólidos flotantes, fenómenos de geodinámica externa y otros factores que inciden en el tamaño y durabilidad de la obra de cruce.

3.1.3.4 Evaluación de obras de drenaje existentes.

Antes de realizar cualquier evaluación a las obras de drenaje existentes, el proyectista debe conocer o tomar en cuenta lo siguiente:

- a) Nivel de intervención sobre la vía en estudio, tomar en cuenta las conclusiones de los estudios de pre-inversión, para la coherencia del ciclo del proyecto de inversión.
- b) Contar con las progresivas del proyecto en campo.
- c) La evaluación hidráulica de las estructuras existentes, deberá ser complementada con las evaluaciones de un Especialista en Estructuras y Obras de arte, para las evaluaciones del estado estructural de los elementos de una obra de drenaje existente.
- d) El resultado de la evaluación de las obras de drenaje será presentado en fichas técnicas de campo.

La evaluación del comportamiento desde el punto de vista hidráulico estructural de estructuras ubicadas aguas arriba o aguas abajo de la estructura proyectada es de mucha utilidad, porque permite contar con información relevante para lograr diseños adecuados, tomando cuenta su funcionamiento ante la presencia de procesos geomorfológicos como erosión, sedimentación y otros fenómenos, a los que han estado sometidas.

3.1.4 Elección del tipo de alcantarillas.

3.1.4.1 Tipo y sección.

Los diferentes tipos de alcantarillas usadas comúnmente en los proyectos de carretera en el país, pueden ser de tubería de concreto, tuberías corrugadas o marco de concreto, en cuanto a lo que son las secciones, pueden ser circulares que en su caso son las más usadas en los proyectos, rectangulares y cuadradas.

Para las alcantarillas de marco de concreto que pueden ser de sección rectangular o cuadrada, estas se pueden ubicar a cualquier nivel que se necesite. Es muy importante colocar las alcantarillas con un tamaño lo suficientemente grande

que en su caso pueda desalojar las avenidas de diseño y también los escombros que se puedan anticipar.

Para la elección de lo que es el tipo de material para la elaboración de las alcantarillas, depende de muchos factores como, por ejemplo; la vida útil de la obra, el costo, la resistencia y las condiciones del terreno. En fin, no es posible dar un estatus general sobre la elección de los materiales para dicha obra, ya que también influyen las condiciones del tipo de suelo, del agua y de los materiales existentes en el lugar y sus alrededores.

3.1.4.2 Recomendaciones y factores a tomar en cuenta para el diseño de una alcantarilla.

A continuación, se muestran las recomendaciones y los factores que intervienen en lo que es el diseño de obra de las alcantarillas.

- a) Utilizar el periodo de retorno para el diseño, según la Tabla 1 (Ver en apartado ANEXOS).

De acuerdo a los valores presentados en la Tabla 1, se recomienda utilizar como máximo, los siguientes valores de riesgo admisible de obras de drenaje según la Tabla 2 (Ver en apartado ANEXOS).

- b) Para asegurar la estabilidad de la carretera, esto debido a los futuros asentamientos provocados por las filtraciones del agua, las alcantarillas deben asegurar la permeabilidad.

3.1.5 Socavación.

En esta parte del tema, se dan a conocer los procedimientos que en gran parte del proyecto de una red de drenaje vial son considerados para los análisis de

socavación en obras menores de drenaje y por supuesto en puentes. De igual manera, se presentarán todas las medidas preventivas contra los procesos de socavación.

“La ocurrencia de crecientes extremas conduce a los procesos de socavación general en cauces y local alrededor de las pilas y estribos que, sumados a factores de índole hidráulica y geotécnica, inadecuadamente analizados, se convierten en las causas más comunes de falla de los puentes.”¹⁴

Tal y como se comenta en el libro de **Manual de drenajes para Carreteras**, “en los análisis de socavación general y local, ya sea en puentes o en obras hidráulicas menores, el proyectista deberá tener un conocimiento integral de los aspectos hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y topográficos del sitio en estudio.”¹⁵



Fig. 29: Socavación en puente.

¹⁴ Instituto Nacional de Vías, (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*. Colombia.

¹⁵ Instituto Nacional de Vías, (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*. Colombia.

3.1.5.1 Estudios hidrológicos.

Determinar la profundidad de una socavación, ya sea de forma general (es la que ocurre en condiciones normales, al presentarse una creciente y aumentar la capacidad de la corriente para arrastrar material de fondo; a lo largo de todo el cauce se produce una cierta profundidad de socavación. Durante el período de recesión de la creciente del río o arroyo, el material es depositado nuevamente) o local (es la que ocurre cuando existe un obstáculo en la trayectoria del flujo, el cual induce la formación de vórtices que provocan la disminución de la elevación del fondo alrededor del obstáculo. Para los fines de esta nota, este obstáculo está representado por los apoyos de los puentes) necesariamente está asociada con la creciente que pasa en cada sección hidráulica prevista del puente. El caudal de crecimiento mínimo de diseño que se debe ser considerado en cualquier análisis debe corresponder a un periodo de retorno de 100 años.



Fig. 30: Estudios hidrológicos en obra.

3.1.5.2 Estudios hidráulicos.

3.1.5.2.1 Sedimentos.

Es muy importante la determinación de todas las características físicas del material del cauce y de los diferentes estratos del subsuelo que puedan llegar a ser socavados durante las crecientes extremas. Por tal razón, en todos los análisis de socavación se deben tomar muestras representativas del material del fondo.

Entre las propiedades del material de la corriente requeridas en un estudio de socavación se encuentran las siguientes:

- Distribución granulométrica y densidad para suelos no cohesivos.
- Peso volumétrico seco de los materiales cohesivos.

3.1.5.2.2 Reducción de la sección hidráulica.

En un estudio para un puente, el proyectista debe evitar, en lo posible, reducir el área hidráulica de la sección del cauce, por lo cual debe prever proyectar la menor cantidad de obstáculos como pilas dentro de la corriente.

Los estribos se deben localizar por fuera del cauce principal y de la planicie de inundación, ya que cualquier reducción, por mínima que sea, produce una mayor capacidad de arrastre de sólidos que adquiere una corriente cuando su velocidad aumenta por efecto de la reducción hidráulica del cauce, que podría conducir a la aparición de fenómenos de socavación local en los referidos estribos o pilas.

3.1.5.3 Estudios geológicos y geotécnicos.

La cantidad y las características de los sedimentos dependen principalmente de la geología, especialmente de la litología, la estructura del suelo y la meteorización del mismo. Por tal razón, el conocimiento de las condiciones geológicas que rigen los procesos de socavación de un cauce, complementado con los estudios geotécnicos, son de gran importancia para calcular su magnitud.



Fig. 31: Realización de estudios geológicos y geotécnicos.

3.1.5.4 Estudios topográficos.

Con el objeto de adelantar los análisis hidráulicos y de socavación, es necesario disponer del levantamiento topográfico y batimétrico de precisión de la zona de cruce del puente en el cauce.

En la sección hidráulica de la corriente a salvar se deberán indicar el ancho y el nivel de aguas máximas para la crecida de diseño.

En lo posible, este nivel se debe validar con los niveles observados por los moradores de la zona o por vestigios que quedan como huella durante las épocas de crecientes.



Fig. 32: Estudios topográficos en obra.

3.1.6 Medidas preventivas y protección contra los procesos de socavación.

Los criterios de diseño y las medidas para contrarrestar los procesos de socavación y agradación (*es la acumulación de sedimentos en los ríos y arroyos. La agradación ocurre cuando los sedimentos de un río superan la cantidad que dicho río puede arrastrar en su cauce.*) en puentes deben emanar del entendimiento adecuado de sus mecanismos de desarrollo y sus causas.

En tal sentido, el proyectista debe prever, como mínimo, durante la etapa de diseño, construcción o para resolver procesos activos de socavación en puentes construidos, las medidas que se indican en la Tabla 3 (Ver en apartado ANEXOS).



Fig. 33: Protección contra socavación en puentes.

CAPÍTULO IV

4.1 Resultados y experiencia.

Los resultados obtenidos en esta tesina sobre las obras de drenaje en carreteras y los diferentes tipos de estudios y métodos de protección son muy importantes para una buena estructura de drenaje en las carreteras, que de ser empleadas de manera correcta podemos decir que tendremos un periodo de vida sumamente largo e útil y seguros de cualquier tipo de inconvenientes.

En el trayecto del cual fui empleando esta tesina me fui dando cuenta de cada una de las partes importantes en las obras de drenaje que empiezan desde lo más básico que a veces para uno puede ser una parte no tan fundamental pero que conforme vas avanzando en tu proyecto de obra de drenaje te das cuenta que ese punto que pudiste evitar o tomar en cuenta desde un inicio es algo importante, hablo de la visita del sitio, la localización del tramo y estudios de campo.

Ya que por ejemplo en la visita del sitio puedes observar si existen obra de drenaje o recabar información tanto topográficas e hidrológicas. Aprendí de los diferentes métodos de protección para los taludes, que en una parte entran en las obras de drenaje ya que ayudan mucho a las cunetas para que estas no se llenen de rocas y basura vegetal y a la vez a la protección de los usuarios que usan día a día las diferentes carreteras del país.

Por lo mismo, lo que es el reconocimiento de campo, nos permite a nosotros los ingenieros identificar y evaluar las condiciones de origen hídrico actuales del tramo o proyecto como lo son; los asentamientos, deslizamientos, derrumbes, erosiones, que pueden provocar un impacto negativo en la conservación y permanencia de la estructura vial y con eso seguir con el proyecto.

En cuestión de experiencia, aprendí mucho en esta tesina, ya que conocí diferentes tipos de obra de drenaje, que la verdad no conocía y no tenía conocimiento de ellas. Tales como saber que para cada tipo de drenaje ya sea superficial en las cuales hay dos tipos, longitudinal y transversal y otro tipo de drenaje es el subterráneo.

- **Longitudinal:** lo conforman todas aquellas obras construidas longitudinalmente sobre el pavimento cuyo objetivo de estas es la de proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia, en forma permanente o eventual, pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a ésta, riesgos al tráfico o a la propiedad adyacente.
- **Transversal:** El drenaje transversal es la que permite el paso del agua a través de cauces naturales bloqueados por la infraestructura viaria.
- **Subterráneo:** el cual tiene por objeto evacuar lo antes posible el agua no superficial existente en la carretera y sus proximidades, particularmente en las explanaciones y en el firme, con objeto de evitar daños de diversa índole. En definitiva, el drenaje subterráneo no se diseña para remediar defectos de proyecto o de construcción y sólo se debe disponer donde resulte imprescindible. En particular, el drenaje es de una utilidad muy reducida.

También pude identificar la elección de material y tipo de obra de drenaje, para la elección de lo que es el tipo de material para la elaboración de las alcantarillas, depende de muchos factores como, por ejemplo; la vida útil de la obra, el costo, la resistencia y las condiciones del terreno.

En fin, no es posible dar un estatus general sobre la elección de los materiales para dicha obra, ya que también influyen las condiciones del tipo de suelo, del agua y de los materiales existentes en el lugar y sus alrededores.

También existen unas premisas de estudios de las obras de drenaje, en los cuales los estudios de Hidráulica y Drenaje, son recomendables que se realicen después de que el proyecto carretero sea validado para su construcción, y de antemano, los estudios son una actividad importante y obligatoria.

CONCLUSIONES

Las obras de drenaje en proyectos carreteros, han sido necesarios para la preservación en primera instancia de las carreteras, sirviendo para controlar la erosión, estabilización de taludes y como protección de la estructura del pavimento.

Sin embargo, al mismo tiempo que han sido obras complementarias a la construcción de carreteras, han servido como medidas de mitigación de los impactos generados por la misma, puesto que al realizarse cortes al terreno y al destruir la capa vegetal, el suelo queda expuesto a la erosión lo que es a la vez un impacto negativo al medio ambiente, el cual es controlado con las obras de drenaje.

Partiendo del principio elemental de la evaluación de impacto ambiental el cual indica que hay que considerar todas las opciones, se puede deducir que las obras de drenaje tienen un impacto positivo al medio ambiente puesto que, de no realizarse, no solo la infraestructura carretera se ve amenazada, sino también el medio ambiente, en gran medida debido a la erosión, sedimentación de cuerpos de agua, así como modificaciones al drenaje natural, ocasionando en consecuencia que las carreteras tuvieran un impacto mucho mayor que el comúnmente representan.

Las estructuras de drenaje son de suma importancia pues los caminos se construyen en el terreno interceptando el sistema de drenaje. Un correcto diseño de éstas, buscará permitir el libre escurrimiento aún en caso de tormentas de gran intensidad; sin embargo, pueden presentarse casos en que el sistema de obras de drenaje no reúna las características ni la ubicación requeridas para drenar con la eficiencia necesaria el agua que llega al derecho de la vía, produciéndose modificaciones sustanciales en los escurrimientos que alteran no sólo al sistema hidrológico sino de manera directa altera la vegetación, cambiando el hábitat de la fauna, especialmente para aves y anfibios.

La consideración en conjunto de los dos aspectos, protección a la carretera y protección al medio ambiente en la etapa de proyecto de carreteras, debe arrojar

como producto obras de drenaje bien diseñadas que protegerán de manera óptima la infraestructura y a su vez, son excelentes medidas de mitigación que minimizan el impacto de la carretera.

ANEXOS

Tabla 1. Valores de Período de Retorno T (Años).

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0.75	1.30	2	2.70	4.10	7.70	15	18	37	73	144
0.99	1	1.11	1.27	1.66	2.7	5	5.9	11	22	44

Tabla 2. Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje.

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**)(%)
Puentes*	25
Alcantarillas de paso importantes.	30
Alcantarillas de paso menores y descarga de agua de cunetas.	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40

- (*)
 - Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias.
 - Se recomienda un período de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación.

- (**) Vida útil considerado (n).
 - Puentes n = 40 años.
 - Alcantarillas importantes n = 25 años.
 - Alcantarillas menores n = 15 años.
 - Drenaje de la plataforma y subdrenes n = 15 años.

Se tendrá en cuenta la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse.

El propietario de una obra es el que decide el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.

Tabla 3. Medidas para prevenir la socavación en puentes de acuerdo al tipo de socavación.

TIPO DE SOCAVACIÓN	MEDIDA CORRECTIVA	EJEMPLOS	PROPÓSITO
Erosión lateral	Revestimiento	Enrocados (Riprap), gaviones, tetrápodos, llantas usadas, plantación de vegetación, etc.	Prevención de la erosión en las márgenes del canal en la vecindad del puente; estabilización del alineamiento del cauce.
	Diques retardadores	Pilotes de madera, pilotes de acero, tetraedros, plantación de vegetación.	Reducción de la velocidad del flujo cerca de las márgenes del cauce e inducir el depósito de sedimentos; estabilización del alineamiento del cauce.
	Espigones	Espolones, tablestacas, diques	Reducción de la velocidad del flujo cerca de las márgenes del canal e inducir el depósito de sedimentos. Estabilización del alineamiento del canal
Degradación	Presas		Control de la pendiente del cauce
	Revestimiento de canales	Concreto o solado en concreto bituminoso	Control en la degradación del cauce
	Modificación en el puente	Incremento de la luz del puente	
Agradación	Mejoras en el cauce	Dragados y limpieza del cauce Construcción de un canal piloto	Incremento en el transporte de sedimentos para reducir la sedimentación en la sección transversal del puente.
	Minería controlada		Reducción de entrada de sedimentos al sitio del puente
	Desechos provenientes de la cuenca		Reducción de entrada de sedimentos al sitio del puente
Socavación local	Revestimiento	Enrocados, gaviones, tetrápodos, llantas usadas, etc.	Reducir la socavación local
	Elementos que alteren el flujo	Pilotes localizados aguas arriba de las pilas, aletas deflectoras, collares.	Desviar la corriente lejos de las pilas para reducir la socavación local en pilas
	Recalce de las pilas del puente		Reducir la socavación local en pilas
	Guía de las márgenes		Mejorar el alineamiento del flujo en la sección transversal del puente; reducción de la socavación local en los estribos

GLOSARIO.

Adherencia: Es la propiedad de la materia por la cual se unen y plasman dos superficies de sustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto.

Precipitación: Es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo.

Aceras: Es una superficie pavimentada a la orilla de una calle u otras vías públicas para uso de personas que se desplazan andando o peatones. En carretera no se debe circular sobre las aceras excepto en circunstancias especiales como dar paso a otro vehículo.

Taludes: Acumulación de fragmentos de roca partida en la base de paredes de roca, acantilados de montañas o cuencas de valles.

Pendiente: Es la inclinación de un elemento lineal, natural o constructivo respecto de la horizontal.

Terracerías: Tierra que se acumula o camellones en los caminos o carreteras en obra o construcción.

Zanjas: Es un corte y extracción de las tierras que se realiza sobre el terreno. Es una excavación lineal.

Captar: Es un ingenio utilizado para la recolección y almacenamiento del agua pluvial.

Congestionamiento: Sobrecarga de flujo en las cunetas.

Cauces naturales: Es la parte de un valle por donde discurren las aguas en su curso.

Circulación: Es el movimiento continuo de algún líquido o algún objeto en un determinado lugar.

Esquivar: Realizar un movimiento para evitar un golpe o para salvar un obstáculo.

Primordial: Algo que es muy importante o fundamental en algún punto de una acción.

Inundaciones: Es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta

Aterramiento: Acumulación de tierras, lodo o arena en el fondo de una depresión por acarreo natural o voluntario.

Erosión: Es el desgaste o denudación de suelos y rocas que producen distintos procesos en la superficie de la tierra.

Estructuras: Son las encargadas de resistir cargas resultantes de su uso, de su propio peso y darle forma a un cuerpo, obra civil o máquina.

Erosión remontante: Es el proceso de expansión de una cuenca hidrográfica mediante la erosión o incisión fluvial en la parte alta de sus ríos o barrancos.

Caudal: Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, río, canal) por unidad de tiempo.

Claro: Es la distancia media entre las paredes internas o subestructura que apoya un tramo del puente.

Nivel: Altura a la que está situada una cosa, o a la cual llega la superficie de un líquido o la parte más alta de un conjunto de cosas.

Subterráneo: Conducto, pasadizo, habitación o cualquier otro lugar o espacio que está bajo tierra o por debajo de la superficie terrestre.

Explanaciones: Es el conjunto de operaciones de remodelación del terreno natural que hay que realizar a lo largo de la traza para conseguir la explanada definida en los planos en planta, alzado y secciones transversales.

Gasto: Está relacionado con la velocidad de flujo que pasa por un área de sección transversal de un tubo.

Concreto Hidráulico: Es una mezcla de agregados, naturales, procesados o artificiales, cemento y agua, a la que además se le puede agregar algunos aditivos; esta mezcla debe ser dosificada en masa o volumen.

Fuerza erosiva: Desgaste de zona por medio del agua a una determinada velocidad.

Infiltración: Acción de introducir suavemente un líquido entre los poros de un sólido.

Estabilidad: Cualidad que se aplica a aquello que no está en peligro de caer.

Saturación: Porcentaje de poros que están ocupados por el agua.

Terraplenes: Tierra con la que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para realizar una obra de construcción.

Drenar: Hacer salir el exceso de agua de un lugar, en especial el de un terreno.

Preservación: Protección o cuidado sobre alguien o algo para conservar su estado y evitar que sufra algún daño.

Mitigación: Es la reducción de la vulnerabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Alejandro Arreaza. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/139115751/Drenaje-Transversal-y-Longitudinal>. **Drenaje transversal y longitudinal.**
- Carlos Kraemer, José María Padilla, Sandro Rocci, Manuel G Romana, Víctor Sánchez Blanco, Miguel Ángel del Val – **Ingeniería en carreteras** – Volumen II – Septiembre 2003 – Madrid, España - Mc Graw Hill.
- María Cecilia Suárez Rubí. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/105257073/Seccion-5-Drenaje-Transversal-en-Carreteras>. **Drenaje transversal en carreteras.**
- Ing. Hugo Andrés Morales Sosa – **Ingeniería Vial** - Volumen I – 2006 – Santo Domingo, República Dominicana – Editora Búho
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones – **Manual de carreteras; Hidrología, Hidráulica y Drenaje.**
- Administradora Boliviana de Carreteras – **Manual de Hidrología y Drenaje** – APIA XXI Ingenieros y Arquitectos Consultores.

- Instituto Nacional de Vías – **Manual de Drenaje para Carreteras** – 2009 - República de Colombia.
- Zambrano, D. – **Afectado el 79% de ríos en Chiapas** – Cuarto Poder.