

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Se realizó la tesis "Evaluación del sistema de drenaje vial para obras de arte menor (drenaje longitudinal y transversal) para la carretera Septapas-Animas de 10 km ubicada en la provincia Eustaquio Méndez"; tuvo como objetivo la evaluación del sistema de drenaje vial para obras de arte menor, a través de la topografía manual de la vía en estudio, se estudió los puntos estratégicos de la ubicación y funcionamiento de las cunetas y alcantarillas, en el diseño de los elementos tanto cunetas como alcantarillas se tomó un período de retomo de 10 y 50 años respectivamente, con la ayuda de Arc Gis y Google Earth se logró determinar el valor de las áreas de drenaje para las alcantarillas y cunetas, arrojando cada una valores menores a 0.6 km^2 , por ende, se realizó el diseño de drenaje aplicado únicamente el método racional. El valor del coeficiente de escorrentía se determinó a través de la visita al lugar del proyecto, asociando el lugar en cuanto a su cobertura vegetal, tipo de suelo en función de su permeabilidad, y a la pendiente de sus cuencas o taludes adyacentes.

Se ha procesado información hidrológica y meteorológica proporcionado por el SENAMHI, perteneciente a la estación de "El Puente", ubicada en la provincia Eustaquio Méndez, la información disponible corresponde a las máximas precipitaciones en 24 horas, registradas desde el año 1945 hasta 2020. Se ha utilizado las ecuaciones IDF (intensidad, duración y frecuencia) de SENAMHI, debido a que estas ecuaciones son regionales.

El trabajo de evaluación permitirá rediseñar las obras de drenaje superficial que se encuentran en mal estado. Además, subsanará las deficiencias en el diseño de obras de drenaje superficial; deficiencias de estudios de drenaje superficial necesarios para el diseño de carreteras; de esta manera minimizará los costos de mantenimiento y operación de la infraestructura vial. Asimismo, contribuye a la sostenibilidad del proyecto, al reducir los costos de operación y mantenimiento. Además, preservar la estabilidad de la superficie y del cuerpo de la plataforma de la carretera eliminando el agua superficial, con adecuadas

obras de drenaje, para evitar impactos negativos sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad.

Se realizó una inspección técnica de los tramos en cuestión para conocer el estado actual de las obras de arte menor y así mismo conocer las dimensiones actuales.

1.2. Situación problemática

1.2.1. Problema

Las estructuras de drenaje superficial en la carretera Septapas-Animas presentan problemas de drenaje superficial debido a la falta de un diseño hidrológico e hidráulico y una falta de mantenimiento adecuado. Cada vez que ocurren fuertes precipitaciones se observan que colapsan las estructuras de drenaje superficial debido a que las estructuras son deficientes. También estas estructuras de drenaje se encuentran en mal estado por falta de mantenimiento adecuado.

El nivel de daños ocasionados por el mal diseño y funcionamiento de las obras de arte menor puede ser un gran problema si no se da un mantenimiento adecuado, para lo cual se necesitó de una inspección técnica visual que fue fundamental para la evaluación precisa del estado en el que se encuentra el tramo Septapas-Animas

Es un problema muy común el estanque de aguas en cunetas a causa de un mantenimiento inadecuado o un mal diseño de las obras de arte menor.

Por lo tanto, debido a estos problemas se ha realizado la evaluación de las obras de arte menor del tramo, Septapas-Animas, para lo cual se realizó estudios de ingeniería y la verificación de las estructuras existentes en campo.

¿Cómo se evaluará el nivel de daños ocasionados por el mal funcionamiento de las obras de arte menor considerando su diseño y el estado en el que se encuentra?

1.2.2. Relevancia y factibilidad del problema

Es importante realizar esta evaluación porque permitirá conocer el estado de las obras de arte menor y rediseñar las mismas, es factible porque la investigación está al alcance del proyectista.

1.2.3. Delimitación temporal y espacial del problema

Delimitación temporal:

Se puede apreciar el relato del concepto de interés, ya establece el tiempo al usar la palabra “Evaluar las obras de arte menor”, significado que el tiempo de este problema, está en el presente.

Delimitación de espacial:

Área de trabajo; carreteras

Base de operaciones; en el tramo....

Aplicación; obras de arte menor

1.3. Justificación

Este proyecto pretende evaluar la condición en el que se encuentra las obras de arte menor y su funcionamiento, lo cual ayudara a evitar problemas de deterioro del tramo en cuestión.

Preservar la estabilidad de la superficie y del cuerpo de la plataforma de la carretera eliminando el agua superficial, con adecuadas obras de drenaje, para evitar impactos negativos sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad.

El tramo Septapas-Animas tiene una longitud de 10 km, pertenece al municipio de Tarija es considerada secundaria para el desarrollo de las comunidades aledañas, y para el turismo, asimismo es importante para la integración intercomunal que tiene el departamento de Tarija.

El diseño de las obras de arte menor dentro de la ingeniería es una actividad secundaria, pero es considerada muy importante ya que de esta depende la vida útil de la carretera, que requerirá una tecnología racional de apoyo, un buen diseño dependerá de la intuición del proyectista.

Todas las obras civiles que se construyen, tienden a deteriorarse hasta quedar obsoletas. Por esta razón y con la finalidad de darle mayor vida útil es necesario plantear para cada obra de arte menor, cunetas y alcantarillas la solución inmediata mediante un proyecto profundo sobre este tema que esté al alcance de nuestra tecnología y posibilidad.

La durabilidad de la carretera no solo depende de la estructura del pavimento, sino depende en gran parte de las obras de drenaje, entendiendo que la parte crítica de las redes viales está en el mantenimiento, tener un sistema de drenaje bien diseñado y evaluado periódicamente para proyectar su conservación es ahora una imperiosa necesidad.

En los últimos años la ciudad de Tarija ha tenido un crecimiento acelerado de su población, por lo tanto, existe mayor demanda de productos agrícolas para satisfacer su alimentación. Las comunidades aledañas se caracterizan por producir productos agrícolas tales como maíz, cebolla, zanahoria, etc. con fines de abastecer los mercados de la ciudad de Tarija, lo cual debe ser uno de los objetivos principales de garantizar a este tramo la seguridad de una adecuada transitabilidad durante toda época del año.

Tales motivos me han motivado a desarrollar un proyecto de investigación que cubra los aspectos técnicos que conciernen el estudio de evaluación y conservación de las obras de arte menor (cunetas y alcantarillas).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar las estructuras de drenaje superficial en el tramo SEPTAPAS-ANIMAS mediante la verificación de sus diseños con la tributación hidrológica de tal manera establecer si la funcionalidad es adecuada y el estado en el que se encuentra actualmente.

1.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Identificar y delimitar las áreas de aporte que interceptan el eje de la carretera
- ✓ Describir el estado de las estructuras de arte menor.
- ✓ Determinar los caudales de diseño.
- ✓ Redimensionar las estructuras de drenaje.
- ✓ Comparar las estructuras diseñadas con las existentes en la carretera
- ✓ Determinar el costo de mantenimiento de las obras de arte menor

1.5. Hipótesis

Si, al evaluar las condiciones actuales de las obras de arte menor se podrán describir los daños ocasionados por el mal funcionamiento para proponer una metodología de mantenimiento y así alargar la vida útil de la misma.

Si, al verificar los diseños con la tributación hidrológica se podrá identificar si la funcionalidad es adecuada, de tal manera proponer dimensionamientos, mantenimiento y así alargar la vida útil de la misma.

1.6. Operacionalización de las variables

Se trata de medir la situación actual de las obras de arte menor en el tramo San Andrés-Bella Vista tratándose de una investigación descriptiva

1.6.1. Variable independiente: No manipulable

1.6.2. Variable dependiente: Condición de las obras de arte menor.

DISEÑO METODOLÓGICO

1.7. Identificación del tipo de Investigación

Se trata de medir la situación actual de las obras de arte menor en el tramo San Andrés-Bella Vista tratándose de una investigación descriptiva.

1.8. Unidades de estudio y decisión muestral

1.8.1. Unidad de estudio: Es el elemento, persona u objeto del cual se puede extraer información necesaria para la investigación, en este caso “El sistema de drenaje”.

1.8.2. Población: Es el conjunto de todos los elementos como ser; individuos, objetos, propiedades, medidas u otros que comparten alguna característica que se tiene que estudiar. “Cunetas, Contracunetas, Alcantarillas, Badenes, Puentes”

1.8.3. Muestra: Es una parte representativa de individuos, objetos o propiedades que se toma de la población. En este caso se tomará muestras de cada población.

Tamaño de la muestra

Unidad elemental de muestra: El sistema de drenaje.

Población: N = obras de arte menor

Tamaño de muestra “n”: desconocido.

Variable a medir: Elementos obras de arte menor

- ✓ Una investigación es exigente y por lo menos se tiene que establecer como nivel de confianza NC = 95%, de acuerdo a ello la variable estandarizada es Z = 1,96 (tabla 11.2)
- ✓ El margen de error es: e = 0.05 %, deducido por el nivel de confianza que propone el investigador
- ✓ Por el corto tiempo establecido para la tarea, se puede asumir una varianza de $\sigma^2 = 0.10$

Población finita (muestreo estratificado)	$n = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \sigma^2}{N \left(\frac{e}{Z}\right)^2 + \frac{\sum_{i=1}^n N_i \sigma^2}{N}}$
--	--

Tabla 1. *Tamaño de la muestra*

N°	Elemento	Población	Ni	σ^2	Ni* σ^2	fi	ni
1	Sistema de drenaje	Cunetas	48	0,1	4,8	0,539	30
		Alcantarillas	41	0,1	4,1	0,461	26
Total			89		8,9	1	56

Fuente: Elaboración Propia

1.8.4. Selección de la técnica de muestreo

Tomando en cuenta la longitud y el tipo de vía se realizó un muestreo probabilístico estratificado.

1.9. Métodos y técnicas empleadas

1.9.1. Métodos

Empíricos:

Se realizó una evaluación de las obras de arte menor para conocer las dimensiones y el estado actual.

Se rediseño las obras de arte menor con ayuda de programas computacionales ArcGIS, H canales, etc.

Teóricos:

Se realizó la investigación de las posibles fallas que se presentan en las cunetas y las alcantarillas.

Se realizó la investigación para el diseño de las cunetas y alcantarillas.

1.9.2. Técnicas

Investigación Bibliografía: Se buscó información acerca del sistema de drenaje en carreteras, específicamente al drenaje longitudinal y transversal.

Se conoció los diferentes tipos, materiales y la metodología de construcción de las cunetas y alcantarillas.

Investigación de campo: Se realizó una inspección visual de las obras de arte menor para conocer el estado actual y las dimensiones, para su posterior comparación con lo diseñado en gabinete.

1.10. Procesamiento de la información

Se hizo un análisis estadístico para la validación y confiabilidad de los resultados.

Se realizó un análisis descriptivo de las obras de arte menor para luego realizar una comparación y verificar si el funcionamiento es el adecuado.

1.11. Alcance de la investigación

El propósito de este proyecto es realizar un estudio profundo del comportamiento y situación actual de las pequeñas obras de arte en el tramo Septapas-Animas, con el fin de prevenir el problema del deterioro estructural en el futuro, para lo cual se quiere realizar:

- ✓ Evaluar las cunetas y alcantarillas para conocer el estado en la que se encuentran, de tal manera estudiar minuciosamente y verificar si el diseño adoptado esta de acorde a las características de las carreteras de nuestra región.
- ✓ Estudiar las propiedades y sus características hidráulicas de las cunetas y alcantarillas que se adoptó en la construcción en el tramo Septapas-Animas.
- ✓ Estudiar todas las variables hidrológicas que intervienen en el tramo en estudio, sobre la base de registros meteorológicos, levantamientos topográficos. Para profundizar el cálculo del comportamiento de la escorrentía superficial de las áreas de aporte hacia las cunetas y alcantarillas. Este estudio se realizará en base a metodología propuesta para cuencas pequeñas, además relacionar los resultados teóricos con los que se medirá en campo.
- ✓ Se realizará una inspección visual de las cunetas y alcantarillas para determinar el estado en que se encuentra y así poder plantear posibles soluciones preventivas.
- ✓ Realizar un planteamiento para la conservación de las cunetas y alcantarillas del tramo carretero en estudio, estableciendo las características y las variables de las obras de arte menor de este tramo, para un posterior estudio de conservación que se desee realizar.

CAPITULO II
DRENAJE SUPERFICIAL “OBRAS DE ARTE
MENOR”

CAPITULO II

DRENAJE SUPERFICIAL “OBRAS DE ARTE MENOR”

2.1 Generalidades

Según INVIAS (2006), en una carretera, el sistema de drenaje es el conjunto de obras que permite un manejo adecuado de los fluidos, para lo cual es indispensable considerar los procesos de captación, conducción, y evacuación de los mismos como se puede ver en la Figura 1.

El exceso de agua u otros fluidos en los suelos o en la estructura de una carretera, afecta sus propiedades geomecánicas, los mecanismos de transferencia de carga, presiones de poros, subpresiones de flujo, presiones hidrostáticas, e incrementa la susceptibilidad a los cambios volumétricos. Por tal motivo, y aun cuando el agua es un elemento fundamental para la vida, es también una de las causas más relevantes del deterioro prematuro de la infraestructura vial.

El objetivo de este tipo de obras es el de conducir las aguas de escorrentía o de flujo superficial, rápida y controladamente hasta su disposición final. De esta manera, se convierten en un soporte importante para el control de la erosión en taludes y la protección de la estructura del pavimento, permitiendo la rápida evacuación del agua que, además de afectar la estructura, afecta la seguridad de los usuarios.

Las obras de drenaje pueden clasificarse en obras para el control de aguas superficiales y obras para el manejo de flujos subterráneos o subsuperficiales. Vale la pena mencionar que para el diseño de este tipo de obras y su correcto funcionamiento es de vital importancia reconocer la red de drenaje natural.

Figura 1. Sistema de drenaje y partes de la infraestructura vial



Fuente: INVIAS (2006)

2.1.1 Estanque de Aguas en cunetas

El estanque de aguas en cunetas es una de las causas que pueden ocasionar daños en una carretera, cuando el agua que debe escurrir por las cunetas se estanca puede reblandecer las terracerías originando pérdidas de estabilidad de las mismas con sus consiguientes asentamientos perjudiciales, además puede ocasionar grietas e incluso baches.

El estaque de aguas se produce por dos principales causas: Sedimentación y una pendiente inadecuada, las cuales puede generar grietas, baches, fisuras en bloque, etc.

El principal objeto del drenaje en las carreteras es reducir la máxima cantidad de agua que llega a la misma para evitar el deterioro del pavimento y los accidentes de los usuarios.

Tanto el drenaje como el subdrenaje son imprescindibles para el buen funcionamiento de una carretera, pues sirven para proteger el camino canalizando los escurrimientos superficiales de agua y evitando situaciones que pueden resultar riesgosas tanto para la estructura del pavimento como para los usuarios.

El exceso de agua u otros fluidos en los suelos o en la estructura de una carretera, afecta sus propiedades geomecánicas, los mecanismos de transferencia de carga, presiones de poros, supresiones de flujos, presiones hidrostáticas, e incrementa la susceptibilidad a los cambios volumétricos. Por tal motivo, es una de las causas más relevantes del deterioro prematuro de la infraestructura vial.

El diseño y construcción de un sistema de drenaje requiere la realización de estudios del clima, suelo, hidrología y geología. Los objetivos básicos para el drenaje de los caminos son la preservación de la carretera, debido a la función social y económica que representa y el elevado costo de construcción; la prevención del impacto negativo al ambiente con la reducción al mínimo de los cambios al patrón de drenaje natural y disminución de la acción erosiva producida por el cambio de cauce de su transporte.

Los tipos de drenajes incluyen estructuras transversales, longitudinales, naturales, travesías, superficie y subdrenajes. Estas estructuras sirven para dispersar, para disminuir la velocidad o transportar el agua y para evitar la acumulación y reducir la fuerza erosiva del agua.

El prever un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de un camino y por lo tanto debe preverse desde la localización misma tratando de alojar siempre el camino sobre suelos estables, permanentes y naturalmente drenados.

En resumen, cuando una carretera dispone de un sistema de drenaje adecuado, suficiente y que opera correctamente, disminuye substancialmente la probabilidad de fallas y de otros efectos adversos que contribuyan a acortar su vida útil.

Para que el drenaje tenga un buen funcionamiento es recomendable:

- ✓ Evitar que el agua subterránea ascienda hasta la subrasante, ocasionando el deterioro del camino.
- ✓ Evitar que el agua de arroyos sea remansada por los terraplenes, existiendo peligro de deslaves.
- ✓ Evitar que los cortes de suelo se saturen y exista el peligro de derrumbes, deslizamiento y fallas.
- ✓ Evitar que el agua de las cunetas reblandezca las terracerías disminuyendo y originando asentamientos que lleven a la destrucción del camino.

2.2 Control de aguas superficiales

Según INVIAS (2006), para definir el drenaje superficial se consideran las obras que actúan directamente sobre la carretera y las obras para el control de erosión de taludes que resultan ser muy importantes en la estabilidad de la vía.

Las obras de drenaje superficial que trabajan directamente sobre la carretera se consideran como longitudinales o transversales, según la posición que estas guarden con respecto al eje de la vía.

El **drenaje longitudinal** tiene por objeto captar los flujos de agua para evitar que lleguen a la vía o permanezcan en ella causando desperfectos. A este grupo pertenecen las zanjas de coronación o contracunetas, cunetas, los canales colectores y bordillos.

El **drenaje transversal** da paso al agua que cruza de un lado al otro de la vía. Las obras para el control de erosión de taludes conducen las aguas a zonas seguras donde no se afecte la estabilidad de los taludes.

2.3 Drenaje superficial

Según Ven Te Chow (1994), para el diseño de alcantarillas se hace la suposición que el diseño se realiza a flujo uniforme, que tiene las siguientes características:

- ✓ La profundidad, el área mojada, la velocidad media, y el caudal en cada sección son constantes.

- ✓ La línea de energía, la superficie del agua y el fondo del canal son paralelos; es decir, sus pendientes son iguales.
- ✓ Para considerar flujo uniforme las velocidades no deben ser muy altas, debido a que, cuando el flujo uniforme alcanza una cierta velocidad alta, se vuelve inestable.

2.3.1 Caudal de diseño

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2008), afirma que cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal Q.

Para la estimación de los caudales en función del análisis hidrológico el factor más determinante es el valor del área de la cuenca hidrológica ya que se establecen dos métodos más utilizados de diseño según su magnitud estos son: método racional utilizado para cuencas pequeñas $A < 10 \text{ km}^2$ y método racional modificado para cuencas grandes.

2.3.1.1 Período de retorno

Tabla 2. *Períodos de retorno para diseño*

Tipo de Obra	Tipo de Ruta	Período de Retorno (T años)		Vida útil Supuesta (n; años)	Riesgo de Falla (%)	
		Diseño (3)	Verificación (4)		Diseño	Verificación
Puentes y Viaductos (1)	Carretera	200	300	50	22	15
	Camino	100	150	50	40	28
Alcantarillas ($S > 1,75 \text{ m}^2$) o $H_{\text{erraj}} \geq 10 \text{ m}$ y Estructuras Enterradas (2)	Carretera	100	150	50	40	28
	Camino	50	100	30	45	26
Alcantarillas ($S < 1,75 \text{ m}^2$)	Carretera	50	100	50	64	40
	Camino	25	50	30	71	45
Drenaje de la Plataforma	Carretera	10	25	10	65	34
	Camino	5	10	5	67	41
Defensas de Riberas	Carretera	100		20	18	-
	Camino	100	-	20	18	-

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

Según Gamboa (1969), estadísticamente el período de retorno es el número de años entre la ocurrencia de una tormenta de determinada intensidad y la ocurrencia de otra igual o

mayor. El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada "T" años, se le denomina período de retomo "T".

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), en la elección del período de retorno, frecuencia o probabilidad a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla aceptable, dependiendo, este último, de factores económicos, sociales, ambientales, técnicos y otros. La confiabilidad del diseño, representada por la probabilidad de que no falle la estructura durante el transcurso de su vida útil, considera el hecho que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante la vida útil, es decir, no debe presentarse un evento de magnitud superior a la usada en el diseño durante el primer año de funcionamiento de la estructura, durante el segundo, y así sucesivamente.

Teniendo presente estos conceptos, se deberán emplear para el diseño de las diferentes obras de drenaje de Carreteras y caminos, como mínimo, los Períodos de Retorno de diseño que se señalan en la Tabla N° 2.

2.3.1.2 Análisis estadístico de datos pluviométricos

Según Chereque, El manejo estadístico de la información pluviométrica, es decir el estudio de su comportamiento según un modelo matemático, sólo es posible realizarlo cuando la información reúne estos tres requisitos: es completa, consistente y de extensión suficiente. Es por eso que, una información pluviométrica antes de ser estudiada en su comportamiento debe ser revisada en estos tres aspectos.

- ✓ Estimación de datos faltantes.
- ✓ Análisis de consistencia.
- ✓ Extensión de registro

2.3.1.3 Intensidad de lluvia

Obtención de curvas IDF a partir de datos pluviométricos

Según Calle & Rodriguez (2013), la intensidad de lluvia es la tasa promedio de lluvia en milímetros por minuto para una cuenca o sub cuenca de drenaje particular. La intensidad se selecciona con base en la duración de lluvia de diseño y el período de retomo.

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), debido a que la disponibilidad de registros es escasa y si sólo se dispone de estadísticas pluviométricas diarias, sólo se dispondrá de un punto de la curva, correspondiendo a la intensidad media diaria o en 24 hrs.

Es importante señalar que cuando sólo se dispone de datos aportados por un pluviómetro en una estación, es evidente que, en general, sólo se podrá conocer la intensidad media en 24 horas. Como se comprenderá, esta información puede inducir a errores por defecto, por cuanto las lluvias de corta duración son, en general, las más intensas.

Sin embargo, estadísticamente se ha establecido en diversas partes del mundo que la forma de las curvas intensidad - duración es muy poco variable para tormentas de un mismo tipo, por lo que resulta válido estimar intensidades en distintas duraciones de las tormentas a partir de un punto conocido de ellas, normalmente la intensidad media diaria i_{24} .

2.3.1.4 Tiempo de concentración (TC)

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), el Tiempo de Concentración se define como el lapso de tiempo, bajo precipitación constante, que tarda el agua en ir desde el punto más distante – hidráulicamente definido dentro la cuenca – hasta el punto de evacuación o control.

Tabla 3. Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración en regiones con pendientes

Autor	Ecuación t_c	Unidades	Descripción	Observaciones
Kirpich	$t_c = 0,0078 k^{0,77}$ $k = 3,28 \cdot \frac{L}{S^{1/2}}$	L m	Longitud del cauce principal	Cuencas pequeñas
		Min	pendiente del cauce principal	
Normas españolas	$t_c = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{S^{0,25}}\right)^{0,76}$	L km	Longitud de cauce principal	Áreas menores a 10 km^2
		Hrs	pendiente del cauce principal	
Giandotti	$t_c = \frac{4A^{1/2} + 1,5L}{0,8^{1/2}}$	H km	Altura media descontando la cota de origen de la cuenca (punto de salida)	Áreas menores a 10 km^2
		Hrs	A km^2	
		L m/m	Area de la cuenca	
SCS	$t_c = \frac{0,0287 \cdot L^{0,8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{1,67}}{S^{1/2}}$	L m	Longitud del cauce principal	$L = 1,27 A^{0,6} \text{ km}$
		Min	S %	
		CN	Número de curva del SCS	
California Highway & Public work	$t_c = 0,95 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$	L km	Longitud del cauce principal	
		Hrs	Desnivel máximo de cuenca	

Fuente: Resumen Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

Este parámetro naturalmente depende, entre otras variables, de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y la velocidad promedio que adquiere en la misma, la cual a su vez varía en función de la pendiente y la rugosidad de la superficie. Diversos son los autores y los procedimientos de cálculo utilizados para establecer una mejor relación, pero entre si tienen grandes diferencias en los resultados. Sin embargo, las fórmulas empíricas dan valores más reales y con mejor ajuste a los datos experimentales. En la Tabla N° 3 se resumen las expresiones que se proponen para estimar el tiempo de concentración en distintos casos. Por ser este tipo de expresiones producto de resultados empíricos, obtenidos bajo ciertas condiciones particulares, es necesario tener presente que debe juzgarse cualitativamente la factibilidad física del resultado entregado, previo a su aceptación. Como norma general, el tiempo de concentración no debe ser inferior a 10 minutos, salvo que se tengan mediciones en terreno que justifiquen adoptar valores menores.

2.3.1.5 Método Racional

Según Chereque: El método de la fórmula racional permite hacer estimaciones de los caudales máximos de esorrentía usando las intensidades máximas de precipitación. (...). Básicamente, se formula que el caudal máximo de esorrentía es directamente proporcional a la intensidad máxima de la lluvia para un período de duración igual al tiempo de concentración, y al área de la cuenca. El tiempo de concentración representa el tiempo que demora una partícula de agua para trasladarse del punto más remoto de una cuenca hasta el punto de desagüe. Cuando haya transcurrido este tiempo toda la cuenca estará contribuyendo a formar el caudal de la esorrentía que tendrá en consecuencia un valor máximo. La fórmula es:

$$Q = \frac{C i A}{3.6}$$

Donde:

Q= Caudal máximo de esorrentía (m³/s).

C= Coeficiente de esorrentía (Tabla N° 4).

I= Intensidad máxima de la lluvia para un periodo de duración igual al tiempo de concentración, y para la frecuencia deseada en el diseño. (mm/hr).

A= Área de la cuenca (km²).

En la concepción de la fórmula racional se aceptan dos hipótesis importantes: que la precipitación ocurre con una intensidad uniforme durante un tiempo igualo mayor que el tiempo de concentración y que la intensidad de la precipitación es uniforme sobre toda el área de la cuenca.

Estas premisas no son exactamente válidas, porque el uso del método racional se debe limitar a áreas pequeñas. El área límite de aplicación depende mucho de la pendiente, de la naturaleza de la superficie, de la forma de la cuenca y de la precisión exigida. La fórmula debe usarse con cautela para áreas mayores de 50 Ha y probablemente nunca para áreas mayores de 500 Ha.

El valor de C varía según las características físicas y topográficas de la cuenca y según el tipo de cubierta vegetal.

La frecuencia de i se escoge teniendo en cuenta la finalidad de la estructura que se va a proyectar y los riesgos que implicaría una posible falla de dicha estructura. Se usan las curvas intensidad - duración-frecuencia

La fórmula racional se usa para diseñar drenes de tormenta, alcantarillas y otras estructuras evacuadoras de aguas de escorrentía de pequeñas áreas.

2.3.1.6 Método Racional Modificado

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), El Método Racional es utilizable en cuencas pequeñas, menores de 25 km². Supone que el escurrimiento máximo proveniente de una tormenta es proporcional a la lluvia caída, supuesto que se cumple en forma más rigurosa en cuencas mayoritariamente impermeables o en la medida que la magnitud de la lluvia crece y el área aportante se satura.

En el caso del Método Racional Modificado, el cálculo de caudales máximos se realiza aplicando la versión modificada del método hidrometeorológico propuesta por J. R. Témez en 1991. Este método amplía el campo de aplicación del método racional, puesto que se considera el efecto de la no uniformidad de las lluvias mediante un coeficiente de uniformidad. De este modo, se admiten variaciones en el reparto temporal de la lluvia neta que favorecen el desarrollo de los caudales punta, y solucionan el problema que planteaba la antigua hipótesis de lluvia neta constante admitida en la fórmula racional, que ofrecía resultados poco acordes con la realidad.

El coeficiente de uniformidad representa el cociente entre los caudales punta en el caso de suponer la lluvia neta variable y en el caso de considerarla constante dentro del intervalo de cálculo de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca en cuestión.

Según dicha formulación, el caudal punta de avenida en el punto de cruce de una vaguada con el trazado, para un período de retorno dado, se obtiene mediante la expresión:

$$Q = CU \frac{C i A}{3.6}$$

Donde:

Q = Caudal punta correspondiente a un determinado período de retorno (m³/s).

I = Máxima intensidad media de precipitación, correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración (mm/h).

A = Superficie de la cuenca (Km²).

C = Coeficiente de escorrentía.

CU = Coeficiente de uniformidad.

La intensidad de la lluvia de diseño corresponde a aquella de duración igual al tiempo de concentración del área y de la frecuencia o período de retorno seleccionado para el diseño de la obra en cuestión.

El método racional se ha utilizado ampliamente para la determinación de caudales de diseño en carreteras, debido a su simplicidad y lógica. Sin embargo, se deben tener presentes sus limitaciones y las hipótesis involucradas. El método supone que el coeficiente de escorrentía se mantiene constante para distintas tormentas, lo cual es estrictamente válido sólo para áreas impermeables, de allí la necesidad de amplificar los valores de C para períodos de retorno altos.

Se asume que el período de retorno de la lluvia de diseño es igual al del caudal máximo. Las diversas fórmulas desarrolladas para la determinación del tiempo de concentración, a veces, dan estimaciones bastante diferentes, lo que refleja la precisión de estas fórmulas empíricas. Supone también que la tormenta tiene distribución e intensidad constante en toda la cuenca.

2.3.1.6.1 Determinación del coeficiente de uniformidad

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), El coeficiente de uniformidad CU corrige el supuesto reparto uniforme de la escorrentía dentro del intervalo de cálculo de duración igual al tiempo de concentración contemplado en la formulación del método racional.

Aunque el coeficiente de uniformidad varía de un aguacero a otro, su valor medio en una cuenca concreta depende principalmente de su tiempo de concentración. Esta dependencia es tan acusada que, a efectos prácticos, puede despreciarse la influencia de las restantes variables, tales como el régimen de precipitaciones, etc. Según J. R. Témez, su estimación, en valores medios, puede realizarse según la siguiente expresión:

$$CU = 1 + \frac{tc^{1.25}}{tc^{1.25} + 14}$$

Donde:

CU= Coeficiente de uniformidad, que tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución del aguacero.

Tc= Tiempo de concentración (horas).

Dicha expresión está basada en los contrastes realizados en diferentes cursos de agua dotados de estaciones de aforo, y en las conclusiones deducidas de algunos análisis teóricos desarrollados mediante el hidrograma unitario.

2.3.1.7 Coeficientes de escurrimiento

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), Los coeficientes de escurrimiento dependen de las características del terreno, uso y manejo del suelo, condiciones de infiltración, etc. y se necesita un criterio técnico adecuado y experiencia para seleccionar un valor representativo. En la Tabla 4 se entregan antecedentes con rangos usuales de este coeficiente para diversos tipos de situaciones.

Tabla 4. *Coeficientes de escurrimiento (C)*

Tipo de Terreno	Coeficiente de Escurrimiento
Pavimentos de adoquín	0,50 – 0,70
Pavimentos asfálticos	0,70 – 0,95
Pavimentos en concreto	0,80 – 0,95
Suelo arenoso con vegetación y pendiente 2% - 7%	0,15 – 0,20
Suelo arcilloso con pasto y pendiente 2% - 7%	0,25 – 0,65
Zonas de cultivo	0,20 – 0,40

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

El método racional se ha utilizado ampliamente para la determinación de caudales de diseño en carreteras, debido a su simplicidad y lógica. Sin embargo, se deben tener presentes sus limitaciones y las hipótesis involucradas. El método supone que el coeficiente de escurrimiento se mantiene constante para distintas tormentas, lo cual es estrictamente válido sólo para áreas impermeables, de allí la necesidad de amplificar los

valores de C para períodos de retorno altos. Se asume que el período de retorno de la lluvia de diseño es igual al del caudal máximo. Las diversas fórmulas desarrolladas para la determinación del tiempo de concentración, a veces, dan estimaciones bastante diferentes, lo que refleja la precisión de estas fórmulas empíricas. Supone también que la tormenta tiene distribución e intensidad constante en toda la cuenca.

C1 = Factor de pendiente del cauce y de la ladera. A mayor pendiente menor altura de la lámina de agua del flujo de ladera y menor capacidad de almacenamiento distribuido en la microcuenca.

C2 = Factor de tamaño del área vertiente. Para un aguacero particular, a medida que el área vertiente aumenta la precipitación media sobre el área disminuye.

C3 = Factor de tipo y uso del suelo en relación con su capacidad de infiltración.

$$C = C1 \times C2 \times C3$$

En la Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7 se presentan algunos valores típicos de los coeficientes C1, C2 y C3, advirtiendo que se trata de valores generales. En cada caso particular, sin embargo, debe realizarse un análisis cuidadoso de las condiciones de la microcuenca antes de tomar una decisión sobre los valores de los coeficientes.

Tabla 5. Factores de pendiente para microcuencas rurales.

Tipo cuenca	Alta pendiente		Media pendiente		Baja pendiente
	Pendiente(m/m)	0,050	0,5	0,005	0,05
C1	0,35	1	0,2	0,35	<0,2

Tabla 6. Factores de área.

Área (km ²)	0 a 10	10 a 25	25 a 200
C2	1 a 0,93	0,93 a 0,85	0,85 a 0,5

Tabla 7. Factores de suelo.

Tipo de suelo	Impermeable	Semipermeable
C3	0,9 a 1	0,6 a 0,9

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

2.4 Drenaje transversal

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), 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 eventual, pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a ésta, riesgos al tráfico o a la propiedad adyacente. Se entiende por alcantarilla una estructura de drenaje cuya luz mayor, medida paralela al eje de la carretera, sea de hasta 6 m; Losas de luces mayores, se tratarán como puentes en lo relativo a su cálculo hidráulico. La alcantarilla debe ser capaz de soportar las cargas del tráfico en la carretera, el peso de la tierra sobre ella, las cargas durante la construcción, etc., es decir, también debe cumplir requisitos de tipo estructural.

Generalmente, se considera a las alcantarillas como estructuras menores, sin embargo, aunque su costo individual es relativamente pequeño, el costo total de ellas es importante y por lo tanto debe darse especial atención a su diseño. Debe considerarse también que algunas de estas obras debido a su tamaño o altura de terraplén, pueden constituir un serio peligro para la seguridad de los usuarios y para el funcionamiento de la carretera.

El diseño hidráulico de estas obras, siendo su objetivo determinar el tamaño más económico, que permita evacuar un gasto dado sin sobrepasar la altura de agua permisible en la entrada de la alcantarilla. No obstante, se incluyen normas generales sobre elección del tipo de alcantarilla, formas de ubicación, criterios de instalación y condiciones de servicio.

2.4.1 Antecedentes de terreno necesarios

2.4.1.1 Características topográficas del lugar

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), Además del levantamiento taquimétrico necesario para definir la obra misma, debe consultarse un perfil longitudinal del cauce en al menos 30 m aguas arriba y aguas abajo de la obra, con perfiles transversales, cada 50 o 10 m según lo irregular del cauce.

En el caso de zonas montañosas y altas pendientes, se recomienda obtener perfiles longitudinales hasta una distancia no inferior a los 100 m. Para el caso de un cauce de pendiente baja, los efectos pueden reflejarse hasta una distancia mayor hacia aguas arriba,

por lo que se recomienda definir criteriosamente la distancia hasta la cual se obtendrán los perfiles.

2.4.1.2 Estudio de la hoya hidrográfica

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), debe incluir todas sus características físicas. Para los efectos de diseño se requiere secciones transversales, perfiles longitudinales y alineación del cauce o canal. El perfil debe extenderse lo suficiente de tal modo de poder definir en forma exacta su pendiente y las irregularidades que pudieran existir en él. Además, será necesario incluir características del lecho del cauce tales como tipo de terreno, vegetación, sedimentos, sólidos flotantes y otros factores que pudieran afectar el tamaño y la durabilidad de la alcantarilla.

2.4.1.3 Datos de crecidas

Se procederá según el método racional y sólo en el caso de no existir los datos mínimos indispensables se analizarán las marcas de crecidas que pudieran existir, contrastándolas con la información que la gente del lugar pudiera dar.

2.4.2 Ubicación, alineación y pendiente de las alcantarillas

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), La adecuada elección de la ubicación, alineación y pendiente de una alcantarilla es importante, ya que de ella depende su comportamiento hidráulico, los costos de construcción y mantenimiento, la estabilidad hidráulica de la corriente natural y la seguridad de la carretera.

En general, se obtendrá la mejor ubicación de una alcantarilla cuando ésta se proyecta siguiendo la alineación y pendiente del cauce natural, ya que existe un balance de factores, tales como, la pendiente del cauce, la velocidad del agua y su capacidad de transportar materiales en suspensión y arrastre de fondo. Cuando se cambia cualquiera de estos factores es necesario compensar con cambios en otro de ellos. Por ejemplo, si se acorta un canal largo, se aumenta la pendiente y como consecuencia, aumenta la velocidad. Un aumento en la velocidad tiene como efecto secundario problemas de erosión, que agrandan la sección hasta que las pérdidas por fricción compensan el aumento de pendiente y reducen la velocidad hasta límites bajo aquellos que producen erosión. En un caso como el expuesto o en general para prevenir la erosión se puede revestir el cauce, o darle al canal una forma tal que reduzca la velocidad, debido al aumento de la rugosidad.

Al alargar un canal corto ocurre la situación contraria. Se produce una disminución de la pendiente y como consecuencia disminuye la velocidad. Con esto, la capacidad para transportar materiales en suspensión se reduce y éstos se depositan. Para estos casos es necesario tratar de mantener la velocidad original cambiando la forma del canal o disminuyendo la rugosidad.

En la instalación de una alcantarilla deberán anticiparse todos estos cambios para precaverse contra ellos. No pueden sacrificarse ciertas características hidráulicas sólo con el fin de reducir los costos. Sin embargo, a menudo las alcantarillas colocadas siguiendo el cauce natural resultan de gran longitud debido al fuerte esvía del cauce respecto del eje del camino, condición que da por resultado un alto costo que eventualmente puede ser rebajado. En estos casos será necesario estudiar el cambio de dirección y pendientes naturales dentro de lo posible. Al introducir cambios, la comparación de costos debe incluir posibles estructuras especiales de entrada y salida para disipación de energía, cambios en el cauce natural, revestimientos, gastos adicionales de mantenimiento y posibles daños por el hecho de alterar las condiciones naturales. Sin embargo, la ubicación, alineación y pendiente que se elija para cada caso dependerá del buen juicio del Ingeniero, quien deberá estudiar los aspectos hidrológicos, hidráulicos y estructurales para obtener finalmente la solución que compatibilice los aspectos de costo, servicio y seguridad de la obra.

2.4.2.1 Ubicación en planta

Desde el punto de vista económico el reemplazo de la ubicación natural del cauce por otra normal o casi normal al eje del camino, implica la disminución del largo del conducto, el acondicionamiento del cauce y la construcción adicional de un canal de entrada y/o de salida. Estos cambios deben ser diseñados en forma cuidadosa para evitar una mala alineación del canal natural y los problemas de erosión o de depósito de sedimentos, tanto en la alcantarilla como en el terraplén y propiedades vecinas.

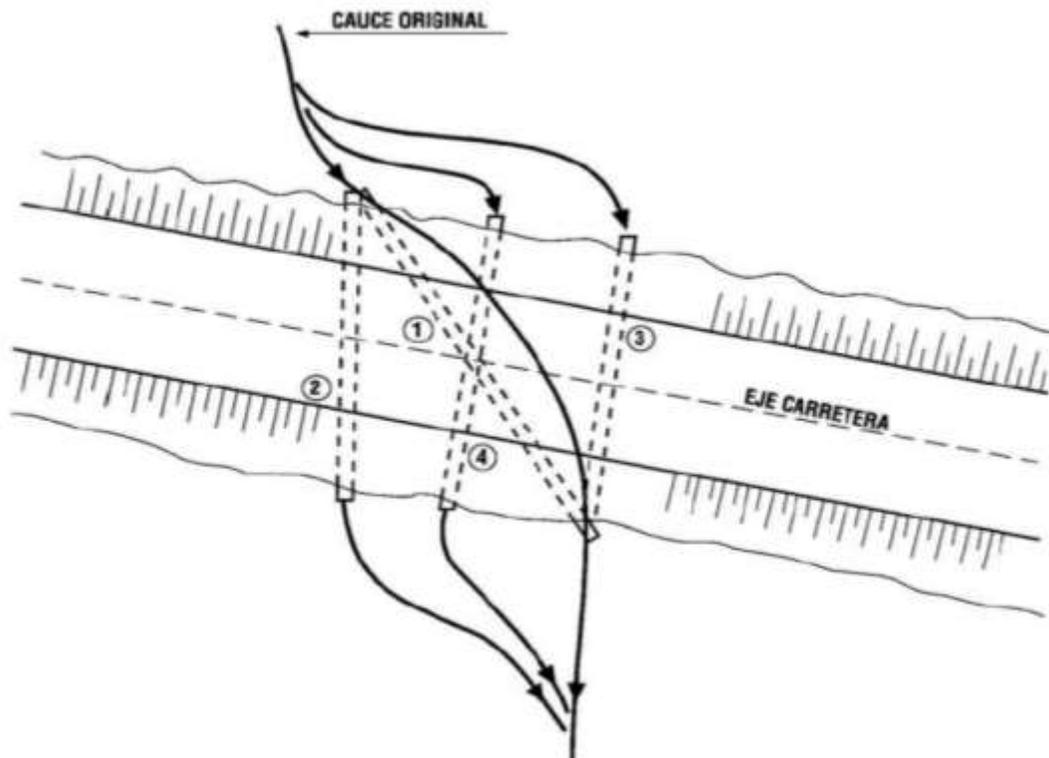
Como consideraciones generales conviene destacar los siguientes aspectos:

- ✓ La corriente debe cruzar la carretera en la primera oportunidad, ya que se evita de esta manera posibles derrumbes y deslizamientos por llevar la corriente paralela al pie del terraplén y aguas arriba de él.

- ✓ Si la oblicuidad del canal con respecto a la normal al eje de la carretera es pequeña, conviene hacer la alcantarilla normal al eje y si es grande, conviene reducirla. No hay disminuciones importantes de costos cuando se reduce una oblicuidad moderada. Los límites entre estos casos deberán determinarse por comparación de costos.
- ✓ Se debe considerar la posibilidad de incluir obras de encauce y conducción aguas arriba de la obra de paso.
- ✓ Resulta relevante, en ciertos casos, consultar características históricas del cauce a lugareños como parte de los antecedentes que se estudien para determinar el emplazamiento de las alcantarillas.

Las distintas soluciones que podrían darse en el caso general, de un cauce con fuerte esviate aparecen en la Figura 2.

Figura 2. *Distintas soluciones en función de la dirección del flujo*



Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

Caso 1: Se conserva la entrada y salida del caudal natural (en general, si este es muy sinuoso aguas debajo de la carretera, conviene hacer la alcantarilla recta). Esta solución

de la longitud máxima de alcantarilla. Colocando la alcantarilla ligeramente a un lado del canal natural se puede obtener por lo general una mejor función, siendo necesario desviar la corriente.

Caso 2: La entrada se coloca en el canal natural y la salida se desplaza para tener una alcantarilla casi normal al eje de la carretera. Como en este caso se ha alargado la línea de flujo, esto será a costa de reducir la pendiente. Las estructuras de entrada y salida, y la alimentación del canal deben hacerse a tal modo de minimizar los efectos de cambios bruscos de dirección. Ello podría aumentar la sección de la alcantarilla comparada con la de la solución anterior. En los efectos será necesario considerar estructuras especiales de entrada y salida, la construcción del canal a la salida y su mantención.

Caso 3: Se ha desplazado la entrada de modo que la salida descargue directamente en el canal natural. El canal de acercamiento a la alcantarilla debe tener una buena alineación con ella para no necesitar una entrada o salida especial. El tamaño de la alcantarilla puede ser influenciado por el hecho que al aumentar la longitud de flujo debe reducirse la pendiente. Habrá costos adicionales por construcción y mantención del canal un posible mayor diámetro y protección del terraplén en la entrada.

Caso 4: En este caso se ha desplazado, tanto la entrada como la salida. No se obtiene un mejoramiento hidráulico con esta solución y solo conviene usarla cuando hay restricciones de espacios para otras soluciones. En este caso se requieren estructuras especiales de entrada y de salida de canales de acercamiento en los dos extremos, los que deben considerarse en el costo, además de una posible mayor sección de la alcantarilla debido a la disminución de la pendiente.

2.4.2.2 Perfil longitudinal

La mayoría de las alcantarillas se colocan siguiendo la pendiente natural del cauce, sin embargo, en ciertos casos puede resultar aconsejable alterar la situación existente. Estas modificaciones de pendiente pueden usarse para disminuir la erosión en él o en los tubos de la alcantarilla, inducir el depósito de sedimentos, mejorar las condiciones hidráulicas, acortar las alcantarillas o reducir los requerimientos estructurales. Sin embargo, las alteraciones de la pendiente deben ser estudiadas en forma cuidadosa de tal modo de no producir efectos indeseables.

En la Figura 3 se indican los perfiles longitudinales de alcantarillas más usuales con sus respectivas estructuras especiales de salida o, de entrada.

En general, al cambiar la pendiente en cada uno de estos casos, debe tenerse especial cuidado que el terreno de fundación de la alcantarilla no permita asentamientos, debiendo ser terreno natural firme o relleno estructural debidamente compactado, en caso contrario las fuerzas de corte causadas por el asentamiento de terraplenes importantes, pueden causar el colapso total de la estructura.

2.4.3 Elección del tipo de alcantarilla

2.4.3.1 Forma y sección

Las formas usuales de alcantarillas son: circulares, de cajón y múltiples. En casos muy especiales puede resultar económico el uso de arcos parabólicos de grandes dimensiones, los que requerirán de un tratamiento especial que no se ha considerado en este manual. La alcantarilla circular es una de las más usadas y resiste en forma satisfactoria, en la mayoría de los casos, las cargas a que son sometidas. Existen distintos tipos de tubos circulares que se utilizan con este propósito.

El diámetro para alcantarillas de caminos locales o de desarrollo deberá ser al menos 0,8 m, o bien 1 m si la longitud de la obra es mayor a 10 m. En las demás categorías de caminos y carreteras el diámetro mínimo será de 1 m. Las alcantarillas de cajón cuadradas o rectangulares pueden ser diseñadas para evacuar grandes caudales y pueden acomodarse con cambios de altura, a distintas limitaciones que puedan existir, tales como alturas de terraplén o alturas permisibles de agua en la entrada. Como generalmente se construyen en el lugar deberá tomarse en cuenta, el tiempo de construcción al compararlas con las circulares prefabricadas.

En los cauces naturales que presentan caudales de diseño importante, si la rasante es baja respecto del fondo del cauce, se suelen ocupar alcantarillas múltiples. Sin embargo, cuando se ensancha un canal para acomodar una batería de alcantarillas múltiples, se tiende a producir depósito de sedimentos tanto en el canal como en la alcantarilla, situación que deberá tenerse presente.

En las zonas de escasa vegetación, las tormentas intensas, pueden producir un importante arrastre de sólidos mezclados con vegetación seca, los cuales tienden a obstruir las alcantarillas, en especial si estas disminuyen la velocidad del flujo en el cauce natural.

Esta situación es más grave cuando la sección de escurrimiento se divide, usando alcantarillas múltiples. En estos casos se recomienda seleccionar obras con la mayor sección transversal libre, sin subdivisiones, aun cuando la obra sea de costo mayor. Por igual motivo, conviene instalarlas con una pendiente tal, que acelere el flujo, aun cuando ello obligue a revestir el cauce a la entrada y a la salida de la obra.

La separación de los tubos en instalaciones múltiples, medidas entre las superficies externas, deberá ser igual a la mitad del diámetro del tubo con un máximo de 1 m y un mínimo de 0,4 m, a fin de facilitar la compactación del material de relleno.

2.4.3.2 Materiales

Los materiales más usados para las alcantarillas son el hormigón (armado in situ o prefabricado) y el acero corrugado. En la elección del material de la alcantarilla se deben tomar en cuenta la durabilidad, resistencia, rugosidad, condiciones del terreno, resistencia a la corrosión, abrasión e impermeabilidad. No es posible dar reglas generales para la elección del material ya que depende del tipo de suelo, del agua y de la disponibilidad de los materiales en el lugar. Sin embargo, deberá tenerse presente al menos lo siguiente:

Según sea la categoría de la carretera se deben considerar las siguientes vidas útiles:

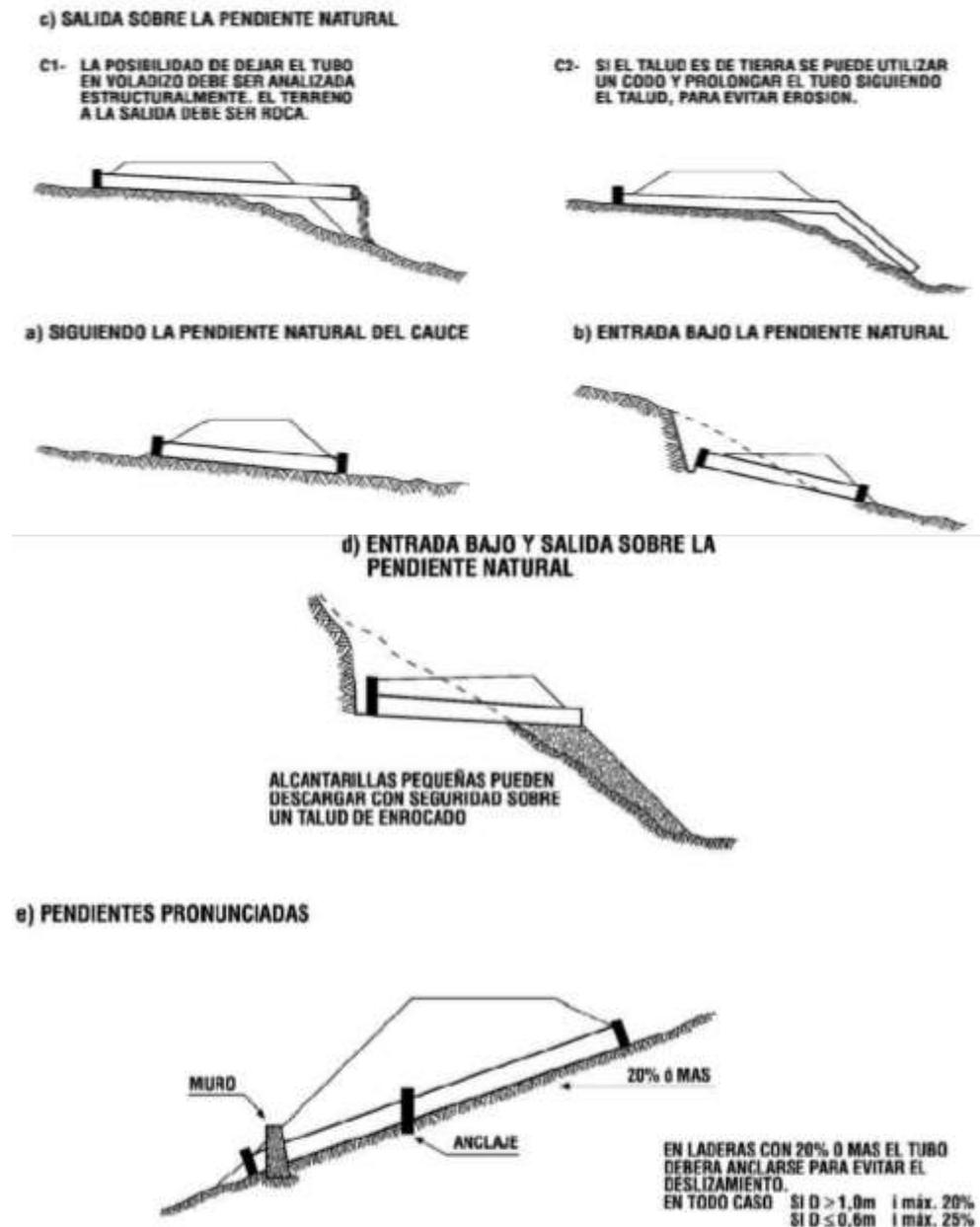
- ✓ Autopistas > 50 años
- ✓ Colectores y Locales > 30 años
- ✓ Desarrollo > 10 años

Si se trata de caminos pavimentados la alcantarilla debe asegurar una impermeabilidad que evite la saturación del terraplén adyacente, lo cual puede acarrear asentamientos del terraplén con el consecuente daño al pavimento.

Alcantarillas bajo terraplenes con altura superior a 5 m, deberán construirse preferentemente de hormigón armado, por la dificultad que conlleva el reemplazo.

En definitiva, el costo de las alcantarillas está altamente influenciado por la selección del material, forma y sección de ellas.

Figura 3. *Ubicación de alcantarillas, respecto de la pendiente del cauce*



Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

2.4.4 Diseño hidráulico

2.4.4.1 Características del flujo y variables de diseño

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), El régimen hidráulico del escurrimiento en las alcantarillas es difícil de predecir, sin embargo, existen dos formas básicas, según la ubicación de la sección que controla hidráulicamente el flujo. Se trata

del escurrimiento con control de entrada y aquél con control en la salida, teniendo cada uno de ellos un método de cálculo particular.

Por medio de cálculos hidráulicos se puede determinar el tipo probable de control de escurrimiento bajo el cual funcionará una alcantarilla para un conjunto de condiciones dadas. Sin embargo, pueden evitarse esos cálculos determinando la profundidad del agua en la entrada para cada tipo de control; y luego adoptar el valor más alto de dicha profundidad, el cual indicará el tipo de control determinante. Este método para determinar el tipo de control es correcto, excepto para algunos casos, en los cuales la profundidad del agua en la entrada es aproximadamente la misma para muchos tipos de control. En este caso, no es importante la distinción.

2.4.4.2 Gasto de diseño

El cual se determina con en el método racional o bien a partir de los derechos de agua que les corresponden a los canales de riego, teniendo presente en este último caso que, si el canal se emplaza en ladera, actuará como contrafoso durante las tormentas y el caudal puede aumentar, situación que se deberá considerar en el diseño.

2.4.4.3 Carga hidráulica en la entrada o profundidad del remanso

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), Corresponde a la profundidad del agua en la entrada, medida desde el punto más bajo (umbral o radier de la alcantarilla). Esta obra, al limitar el paso libre del agua, causará un aumento de nivel hacia aguas arriba y en consecuencia puede ocasionar daños a la carretera o a las propiedades vecinas. Se limitará la carga hidráulica máxima con el fin de proteger la vida de los usuarios o vecinos, proteger la estabilidad del terraplén, no producir inundaciones a los terrenos adyacentes, proteger el curso de agua y las planicies adyacentes, no producir daños a la alcantarilla y a la vía, no causar interrupciones al tráfico y no sobrepasar los límites de velocidad de agua recomendados en las alcantarillas y en el cauce a la salida. Dado que la velocidad en la zona del remanso es pequeña, en los cálculos hidráulicos se acostumbra a suponer que la altura de agua corresponde al nivel de energía total disponible.

Consideraciones importantes de tener en cuenta en el diseño son el posible daño a la carretera y a las propiedades vecinas. Si las alturas de terraplén son bajas, la carga a la entrada puede inundar la carretera y causar problemas y demoras al tráfico, lo que puede ser especialmente grave dependiendo del nivel de circulación. Aun cuando, las grandes

alturas de terraplén dan la posibilidad de crear un efecto de embalse temporal del agua, disminuyendo los caudales de crecida, estos diseños deben evitarse, considerando los efectos de una posible falla catastrófica del dique y el eventual bloqueo de la obra por arrastre de sedimentos o vegetación, razón por la cual la carga máxima de diseño a la entrada se limita según se indica en la Tabla 8.

Tanto para alcantarillas con control de entrada como de salida, los tubos, cajones y losas se diseñarán hidráulicamente, respetando una carga máxima H_e , según se trate de canales o cauces naturales permanentes o impermanentes. En los canales, la carga máxima de diseño será igual a la dimensión de la alcantarilla. En los cauces naturales se podrá aceptar una carga a la entrada igual a la dimensión de la alcantarilla más 0,3 m para el gasto de diseño.

Para el caudal de verificación la carga máxima admisible será 0,3 m menor que el borde exterior del Sobre Ancho de Plataforma (SAP), situación que se consulta en especial para terraplenes bajos en que se desea evitar que el agua pueda llegar a sobrepasar la calzada o incluso saturar la estructura del pavimento. En todo caso H_e máxima de verificación se limitará según se indica en la Tabla 2.3-1 y siempre alcanzando como máximo la cota del borde exterior del SAP menos 0,30 m.

Tabla 8. Carga hidráulica de diseño (H_e , M)

Tipo de Cauces	Tubos	Cajones	Losas($L \leq 6m$)
Canales	D (diámetro)	H (altura total)	$H - 0,1$ m
Diseño Cauces Naturales	$D + 0,3$ m	$H + 0,3$ m	$H - 0,1$ m
Verificación Cauces Naturales	$D + 0,6$ m	$H + 0,6$ m	
	Pero H_e máximo no puede sobrepasar la cota exterior del SAP $- 0,3$ m		

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

2.4.4.3.1 Altura de agua a la salida

Corresponde a la profundidad del agua medida desde el punto más bajo de la alcantarilla en la sección de salida. Queda determinada por el cauce hacia aguas abajo cuando existen obstrucciones que remansan el agua.

2.4.4.3.2 Velocidad en la salida

Esta velocidad es en general mayor que la velocidad de escurrimiento en el cauce natural y debe limitarse para evitar la socavación y erosión del cauce hacia aguas abajo. Los valores máximos recomendados se indican en la Tabla 9.

Tabla 9. Velocidades máximas admisibles (m/s) en canales no revestidos

Tipo de terreno	Flujo permanente (m/s)	Flujo intermitente (m/s)
Arena Fina (no coloidal)	0,75	0,75
Arcilla arenosa (no coloidal)	0,75	0,75
Arcilla limosa (no coloidal)	0,90	0,90
Arcilla fina	1,00	1,00
Ceniza volcánica	1,20	1,00
Grava fina	1,50	1,20
Arcilla dura (coloidal)	1,80	1,40
Material graduado (no coloidal):		
desde arcilla a grava	2,00	1,50
desde limo a grava	2,10	1,70
Grava	2,30	1,80
grava gruesa	2,40	2,00
desde grava a piedras (bajo 15 cm)	2,70	2,10
desde grava a piedras (sobre 20 cm)	3,00	2,10

Fuente: Manual de Carreteras de California

Los principales factores que afectan a esta velocidad son la pendiente y rugosidad de la alcantarilla, no influyendo la forma y tamaño significativamente, salvo en los casos en que se produce flujo a boca llena. La velocidad a la salida de alcantarillas escurriendo con control de entrada, puede obtenerse en forma aproximada, calculando la velocidad media de la sección transversal de escurrimiento en el conducto empleando la fórmula de Manning.

$$V = \frac{Q}{\Omega} = \frac{1}{n} R^{1/2} \sqrt{i}$$

Donde:

Ω = Sección de escurrimiento que iguala ambos términos de la ecuación (m^2).

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (Tabla 12) .

R = Radio Hidráulico (m) (Ω / perímetro mojado).

i = Pendiente en por uno (m/m).

Las velocidades de salida obtenidas por este método suelen ser algo mayores que las reales debido a que la altura normal, supuesta al aplicar la fórmula de Manning, rara vez se alcanza en la corta longitud de la mayoría de las alcantarillas.

En el caso con control de salida, la velocidad media en la salida de la alcantarilla será igual al caudal de descarga, dividido por el área de la sección transversal de la corriente en dicho lugar. Esta área de escurrimiento puede ser la correspondiente a la profundidad crítica, o la correspondiente al nivel de la superficie libre en la salida (siempre que este nivel caiga por debajo de la cota del dintel del conducto) o de la sección transversal llena del conducto.

2.4.4.3.3 Forma de la entrada y la salida

Influyen en las pérdidas de energía que se producen en estas secciones.

2.4.4.3.4 Características del tubo

Incluyen la rugosidad, el largo, la pendiente, la forma y el tamaño del conducto. Las tres primeras a menudo determinan si la alcantarilla tendrá escurrimiento con control en la entrada o en la salida.

2.4.4.4 Diseño de entradas y salidas

Generalmente se dan formas especiales a los extremos de las alcantarillas con el fin de reducir la erosión y el socavamiento, retener el relleno del terraplén, mejorar el aspecto y el comportamiento hidráulico y lograr la estabilidad de los extremos. La entrada debe guiar el flujo hacia la alcantarilla con el mínimo de contracción posible y la salida debe restablecer las condiciones naturales del flujo hacia aguas abajo.

La forma y oblicuidad de las entradas, además de la geometría de las aristas, afectan la capacidad de descarga de las alcantarillas. La geometría de las aristas, tiene particular importancia cuando el escurrimiento es con control en la entrada. Aunque la forma de las

salidas no influye considerablemente en el comportamiento hidráulico, generalmente se diseñan idénticas a la entrada.

En el caso especial de velocidades de salida que sobrepasen los límites admisibles, indicados en la Tabla 9, será necesario dar tratamiento especial a la salida con el fin de proteger el cauce aguas abajo y disipar la energía.

Las formas más usadas de las aristas de las alcantarillas son:

- ✓ Aristas vivas
- ✓ Aristas redondeadas: En que se redondean los bordes de modo que el flujo entre en forma gradual. Esta modificación es económica, disminuye la contracción del flujo a la entrada, y aumenta la capacidad de la alcantarilla, reduciendo el nivel del remanso a la entrada.
- ✓ Aristas biseladas o abocinadas: Los bordes se cortan en un ángulo determinado, para producir un efecto similar al de las aristas redondeadas, lo cual tiene ventajas constructivas.
- ✓ Aristas ranuradas: Corresponden a la primera onda del anillo corrugado de una cañería de metal corrugado o al enchufe que tienen los conductos de hormigón en uno de los extremos. Cuando se colocan a la entrada en las alcantarillas pequeñas, producen un efecto similar al de las aristas redondeadas. Otros elementos que se usan en combinación con las aristas mencionadas anteriormente, en los extremos de las alcantarillas, son los siguientes:
 - ✓ Conducto con extremos alabeados: Esta forma de terminar las alcantarillas se produce formando en cada lado una pared que parte desde la sección del tubo y va alabeándose hasta tomar la forma del cauce natural. Aun cuando este tipo de transición mejora las condiciones de escurrimiento, este tipo de entrada es más costoso y difícil de construir.
 - ✓ Muros de cabecera y muros de ala: Los primeros parten desde el dintel de la alcantarilla ya sea inclinados con el ángulo de la pendiente del terraplén o verticales. Los verticales son más eficientes desde el punto de vista de su funcionamiento hidráulico. Los muros de ala parten de los lados de la boca de la alcantarilla formando un ángulo determinado con el eje del conducto, y ayudan a guiar el flujo hacia la alcantarilla. Tanto los muros de ala como los de cabecera

son generalmente de hormigón y se agregan no sólo porque mejoran la eficiencia hidráulica, además, porque retienen el material e impiden la erosión del terraplén, dan estabilidad estructural a los extremos de la alcantarilla al actuar como contrapeso para una posible fuerza de empuje hacia arriba cuando la alcantarilla está sumergida, colaborando a evitar la cavitación. Éste fenómeno ocurre como resultado de aumentos de velocidades locales, que reducen la presión hasta la presión de vapor del agua. Se forman así burbujas que son arrastradas a zonas de presión más alta donde colapsan bruscamente. Así, se somete al material del conducto a golpes de presión que pueden ocasionar su falla.

2.4.4.5 Alcantarillas con control de entrada

El control de entrada, significa que la capacidad de una alcantarilla, está determinada en su entrada, por la profundidad de remanso (H_e) y por la geometría de la embocadura, que incluye la forma y área de la sección transversal del conducto, y el tipo de aristas de aquella. En la Figura 4 se muestran varios esquemas de escurrimiento con control de entrada.

Con control de entrada, la rugosidad, el largo del conducto y las condiciones de la salida (incluyendo la profundidad del agua inmediatamente aguas abajo) no son factores determinantes de la capacidad de la alcantarilla. Un aumento de la pendiente del conducto, reduce la profundidad del remanso de entrada en una cantidad ínfima de manera que cualquier corrección por pendiente puede despreciarse en las alcantarillas usuales, escurriendo bajo control de entrada.

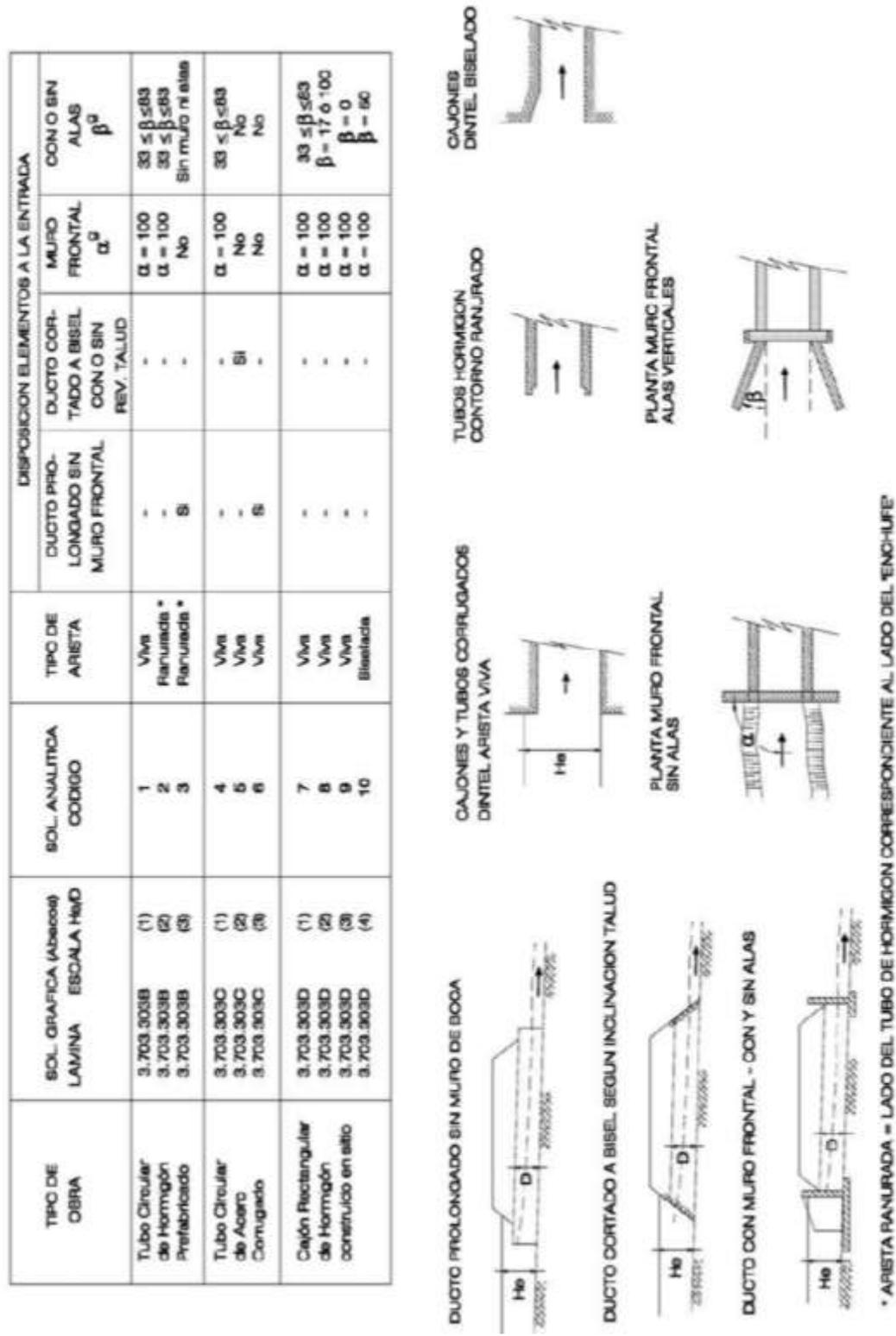
La profundidad del remanso es la distancia vertical desde el umbral de la alcantarilla, en la entrada, hasta la línea de energía total de esa sección (profundidad + altura de velocidad). Debido a las pequeñas velocidades de la corriente en los remansos y a la dificultad en determinar la altura de velocidad para todos los escurrimientos, se admite que el nivel de agua y la línea de energía total coinciden, lo que significa que las profundidades del remanso obtenidos de los gráficos de este manual, puedan ser mayores que las que se presentan en los casos prácticos, lo que da una mayor seguridad a la obra.

La Figura 4 presenta un resumen de los diferentes casos que pueden presentarse en alcantarillas de sección circular y de cajón. En esta Figura se identifican los ábacos y las ecuaciones que se deben usar en cada caso, dependiendo de la forma de la sección y de la

disposición de los elementos a la entrada de la obra, es decir muros frontales, alas, tipo de aristas y forma como empieza el conducto. En la misma Figura se definen las situaciones que pueden darse a la entrada y se definen los ángulos de los muros frontales y de los muros de ala.

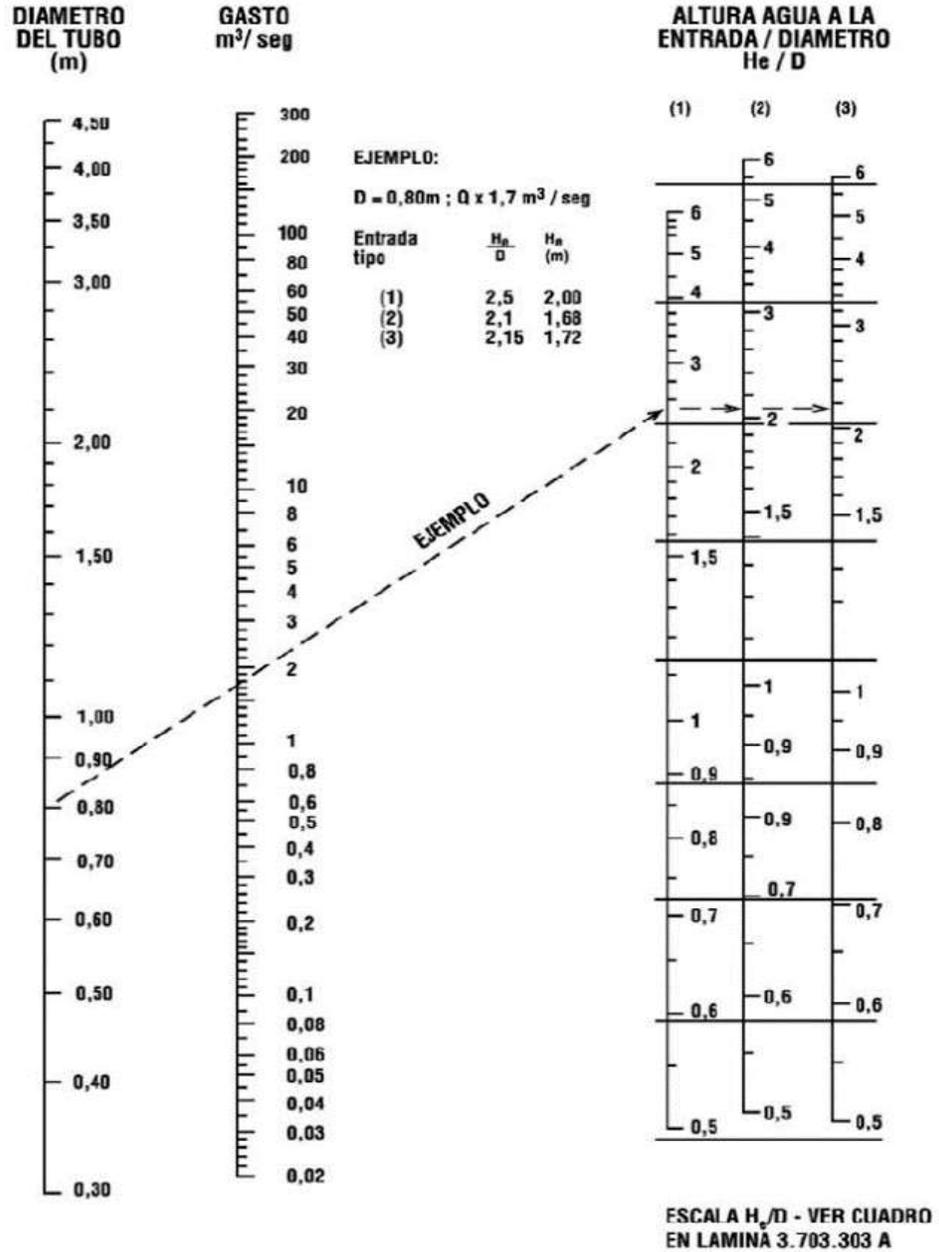
Las relaciones entre la carga hidráulica de entrada, tamaño y forma de la alcantarilla y caudal de diseño para varios tipos de alcantarillas usuales, escurriendo con control de entrada se presentan en la Figura 5 y Figura 6. Estos gráficos están basados en ensayos de laboratorio y verificaciones en terreno, incluyéndose las instrucciones de uso en cada uno de ellos. La Figura 5 permite calcular la carga hidráulica a la entrada para tubos circulares de hormigón, conocidas las condiciones de entrada, tamaño y caudal de diseño. La Figura 6, se refiere a las cargas hidráulicas a la entrada para tubos de acero corrugado.

Figura 4. Clasificación de tubos y cajones, según condiciones de entrada para el cálculo de h_e , con control de entrada



Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

Figura 5. Alcantarilla de tubo de hormigón con control de entrada



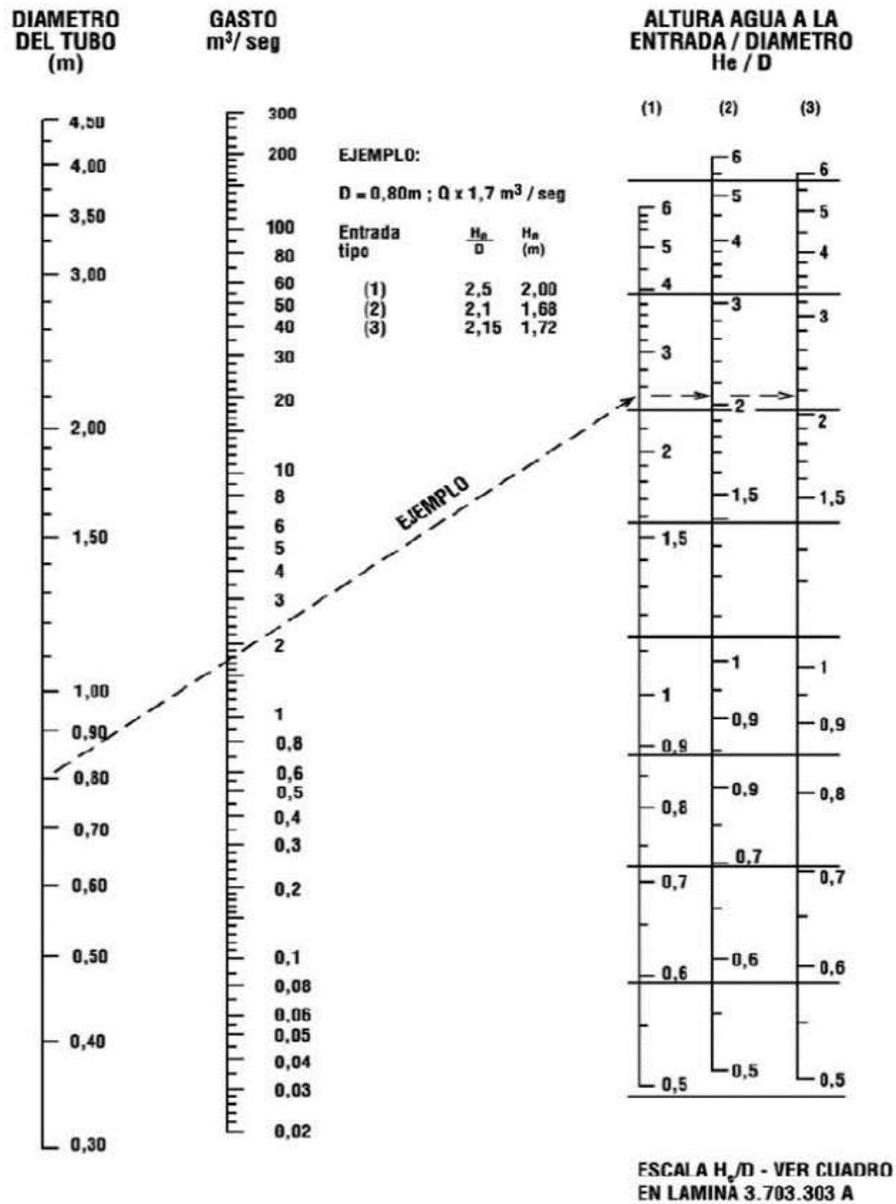
INSTRUCCIONES:

- Dados Q y el tipo de alcantarilla obtenemos H_e/D uniendo D con Q y prolongando hasta la escala (1), para (2) y (3) ver Nota).
- Dados H_e , tipo y tamaño de la alcantarilla, obtenemos Q uniendo H_e/D de la escala (1) con D (para (2) y (3) ver Nota).
- Si se quiere obtener las dimensiones del conducto dados Q , H_e y el tipo de alcantarilla se procede por tanteo dándose un valor de D .

NOTA: Para usar las esc. (2) y (3) prolongar horizontalmente desde o hacia la escala (1) y proceder como en el ejemplo.

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

Figura 6. Alcantarilla de tubo corrugado circular con control de entrada



INSTRUCCIONES:

- Dados Q y el tipo de alcantarilla obtenemos H_e/D uniendo D con Q y prolongando hasta la escala (1), para (2) y (3) ver Nota).
- Dados H_e, tipo y tamaño de la alcantarilla, obtenemos Q uniendo H_e/D de la escala (1) con D (para (2) y (3) ver Nota).
- Si se quiere obtener las dimensiones del conducto dados Q, H_e y el tipo de alcantarilla se procede por tanteo dándose un valor de D.

NOTA: Para usar las esc. (2) y (3) prolongar horizontalmente desde o hacia la escala (1) y proceder como en el ejemplo.

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

2.4.4.5.1 Expresiones polinómicas para el cálculo de H_e en obras con control de entrada

El Federal Highway Administration (FHWA) ha generado mediante modelos de regresión, expresiones polinómicas de quinto grado que entregan la carga hidráulica a la entrada directamente. Estas ecuaciones entregan resultados equivalentes a los obtenidos mediante los gráficos y son válidas para cargas comprendidas entre la mitad y tres veces la altura de la alcantarilla. Las expresiones son del tipo siguiente:

$$H_e = [a + bzF + c(zF)^2 + d(zF)^3 + e(zF)^4 + f(zF)^5]D$$

Donde:

H_e = Carga a la entrada (m).

a...f = Coeficientes de regresión.

$F = Q/D^{5/2}$ en alcantarillas circulares, o bien $Q/(BD^{3/2})$ en alcantarillas de cajón.

Q = Caudal (m^3/s).

D = Altura de la alcantarilla (m); diámetro en el caso de los tubos

B = Ancho de la alcantarilla (m).

i = Pendiente longitudinal (m/m).

$z = 1,81130889$ (Factor de conversión para unidades métricas).

La Tabla 10 entrega los coeficientes de regresión para cada uno de los Tipos de Obra. El “Código” asociado a la “Descripción Según Tipo de Obra” es el mismo que se ilustra en la Figura 4.

Tabla 10. *Coefficientes de regresión para alcantarillas con control de entrada*

Descripción Según Tipo de Obra	código	a	b	c	d	e	f
Alcantarilla circular de concreto, aristas vivas Muro Frontal, alas $33 \leq \beta \leq 83g$	1	0,087483	0,70657	-0,253300	0,066700	0,00662	0,000251
Alcantarilla circular de concreto, aristas ranuradas, muro frontal, alas $33 \leq \beta \leq 83g$	2	0,114099	0,653562	-0,2336	0,059772	0,00616	0,000243
Alcantarilla circular de concreto, aristas ranuradas, tubo prolongado (sin muro ni alas)	3	0,108786	0,662381	-0,2338	0,057959	-0,00558	0,000205
Alcantarilla circular de acero corrugado, muro frontal, alas $33 \leq \beta \leq 83g$	4	0,167433	0,538595	-0,14937	0,039154	0,00344	0,000116
Alcantarilla circular de acero corrugado, tubo cortado a bisel (sin alas)	5	0,107137	0,757789	-0,3615	0,123393	0,01606	0,000767
Alcantarilla circular de acero corrugado, tubo prolongado (Sin muros ni alas)	6	0,187321	0,567719	-0,15654	0,044505	-0,00344	0,00009
Alcantarilla de cajón, aristas vivas, muro frontal, $33 \leq \beta \leq 83g$	7	0,072493	0,507087	-0,11747	0,02217	-0,00149	0,000038
Alcantarilla de cajón, aristas vivas, muro frontal, alas $\beta = 17$ ó $100g$	8	0,122117	0,505435	-0,10856	0,020781	-0,00137	0,000035
Alcantarilla de cajón, aristas vivas, muro frontal, alas con $\beta = 0g$	9	0,144138	0,461363	-0,09215	0,02003	-0,00136	0,000036
Alcantarilla de cajón, aristas biseladas, muro frontal, alas $50g$	0	0,156609	0,398935	-0,06404	0,011201	-0,00064	0,000015

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

2.4.4.5.2 Eficiencia hidráulica en alcantarillas con control de entrada

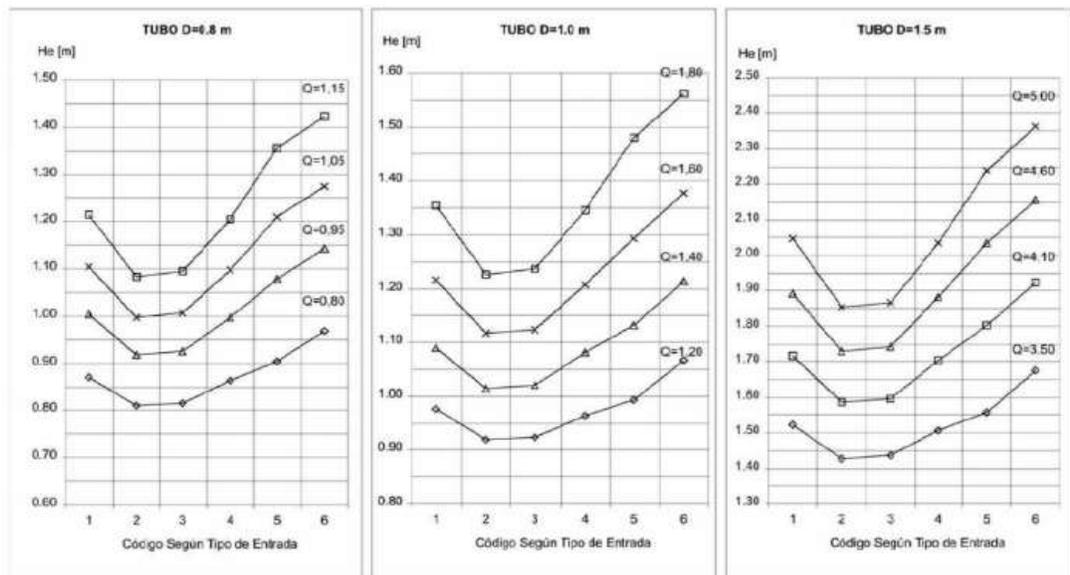
La curva de descarga de la alcantarilla o relación entre la carga hidráulica y el caudal que circula, presenta dos tramos bien definidos. Cuando la carga es pequeña, la obra funciona como un vertedero y a medida que la carga aumenta la obra funciona como un orificio. Entre ambas situaciones se produce una transición suave. Cuando la obra funciona como vertedero la capacidad aumenta con pequeños aumentos de carga, sin embargo, al actuar

como orificio se requieren aumentos importantes de carga para aumentar la capacidad de porteo.

En la Figura 7 se muestran ejemplos ilustrativos de variaciones de carga en función del caudal y del tipo de situación de entrada para tubos circulares y de cajón de varias dimensiones. Estos gráficos permiten tener una idea de la capacidad de porteo de las obras en función de la carga, indican la influencia del tipo de entrada y comparan el efecto de la forma de la sección (circular de hormigón, circular tubo corrugado y cajón). Los caudales graficados corresponden a situaciones representativas de valores de diseño con 10, 25, 50 y 100 años de período de retorno. Estos gráficos ayudan al proyectista en el diseño de la obra, aportando antecedentes para seleccionar el tipo de obra, tamaño de la sección y disposición de las obras a la entrada de la alcantarilla.

En la Figura 7 se muestran los gráficos correspondientes a tubos circulares (hormigón y acero corrugado) de 0,8 m, 1 m y 1,5 m de diámetro para varias situaciones de entrada a la obra. Comparando las curvas se aprecia el efecto del tipo de material del tubo, del tipo de arista y de la transición entre la canalización y la alcantarilla.

Figura 7. *Tubos circulares con control de entrada. eficiencia hidráulica según material y tipo de entrada*



1-2-3: TUBOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN
4-5-6: TUBOS CORRUGADOS

Gasto Q en m³/seg: Si al menor valor se le asocia un Período de Retorno de 10 años, los valores crecientes corresponden a un T de 25, 50 y 100 años, empleando para ello coeficientes de Frecuencia de 1,16, 1,31 y 1,44 respectivamente.

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

2.4.4.6 Alcantarillas con control de salida

El escurrimiento en alcantarillas con control de salida puede presentarse con conducto lleno o parcialmente lleno, ya sea en una zona o en toda la longitud de la alcantarilla. Si cualquier sección transversal escurre llena, se dice que el escurrimiento es a sección llena. La Figura 8 muestra varias condiciones de escurrimiento con control de salida para varias alturas. Los procedimientos de cálculo son diferentes si la salida es sumergida o no y por lo tanto se analizarán los distintos casos que se ilustran en la Figura 8 separadamente.

2.4.4.6.1 Salida sumergida:

En este caso la carga H, o energía necesaria para hacer circular un gasto dado por la alcantarilla, se emplea en vencer las pérdidas de entrada, pérdidas por frotamiento, evaluadas con la ecuación de Manning, y altura de velocidad en la salida. Por consiguiente, se calcula con la siguiente relación:

$$H = \left[1 + K_e + \frac{19.6n^2L}{R^{1.33}} \right] \frac{V^2}{19.6}$$

Donde:

K_e = Coeficiente de pérdida de carga en la entrada (Tabla 11).

n = Coeficiente de Rugosidad de Manning (Tabla 12).

L = Longitud de la alcantarilla en metros.

R = Radio Hidráulico en metros (Razón entre área y perímetro mojado).

V = Velocidad Media en la Alcantarilla en m/s.

La carga H es la diferencia entre la línea de energía en la sección de entrada y la cota piezométrica en la sección de salida. Sin embargo, en general, debido a que la velocidad en el remanso es pequeña se supone que la línea de energía es coincidente con el nivel de aguas a la entrada, lo que implica que los niveles calculados pueden ser algo mayores que los reales.

La Tabla 11 entrega coeficientes de pérdida de carga en la entrada para los distintos tipos de entrada en alcantarillas que escurren llenas o parcialmente llenas con control de salida. Este coeficiente al ser multiplicado por la altura de velocidad, entrega la pérdida de energía debida a la singularidad que produce la entrada a la obra.

La Tabla 12 entrega coeficientes de rugosidad de Manning para los materiales usados comúnmente en alcantarillas.

Tabla 11. *Coeficientes de pérdida de carga a la entrada en alcantarillas con control de salida*

Tipo de estructura y características de la entrada	Coefficiente (Ke)
1. Tubos de hormigón <i>Conducto prolongado fuera del terraplén</i> - arista ranurada - arista viva <i>Con muro de cabecera con o sin muros de ala</i> - arista ranurada - arista viva - arista redondeada ($r = 1/12 D$) - arista biselada	 0,2 0,5 0,2 0,5 0,2 0,2
2. Tubos circulares de metal corrugado - <i>Conducto prolongado fuera del terraplén</i> sin muro de cabecera con muro de cabecera perpendicular al eje del tubo sin o con muros de ala y aristas vivas con muro de cabecera perpendicular al eje del tubo con o sin muros de ala y aristas biseladas	 0,9 0,5 0,25
3. Alcantarillas de cajón en hormigón armado con muro de cabecera paralelo al terraplén -Sin muros de ala, y bordes de arista viva -Bordes aristas redondeadas ($r = 1/12 D$) o biseladas -Con muros de ala formando ángulos entre 30° y 75° con el eje del conducto -bordes de aristas vivas -bordes del dintel con aristas redondeadas ($r = 1/12 D$) o biseladas -Con muros de ala formando ángulos entre 10° y 25° con el eje del conducto, y aristas vivas -Con muros de ala alabeados y aristas redondeadas ($r = 1/4 D$) en el dintel	 0,5 0,2 0,4 0,2 0,5 0,7 0,1

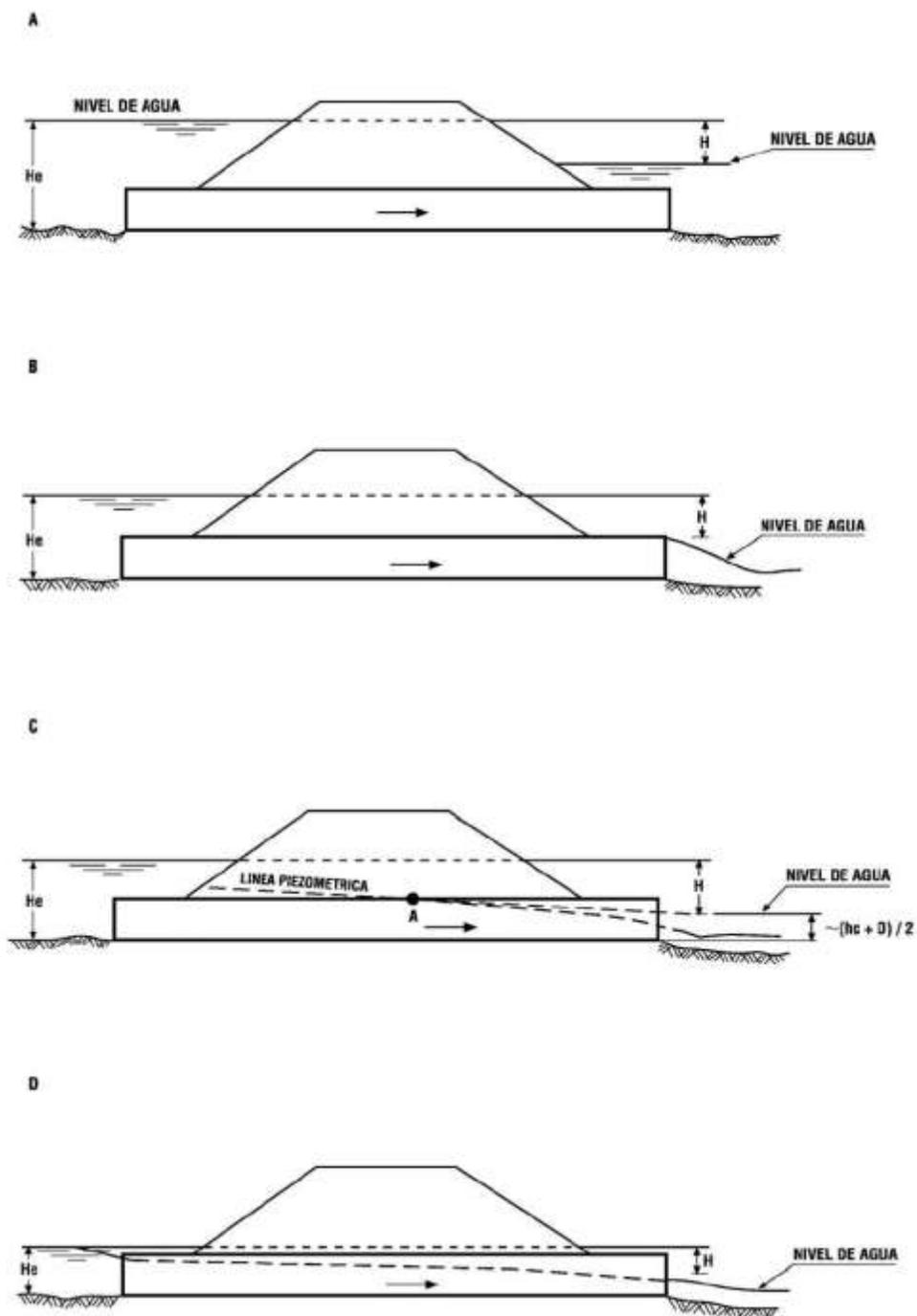
Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

Tabla 12. *Coefficientes de rugosidad para materiales usados en alcantarillas*

Materiales	n
a) Hormigón	0,012
b) Metal Corrugado	
✓ Ondulaciones estándar (68 mm x 13 mm)	0,024
25% revestido	0,021
Totalmente revestido	0,012
✓ Ondulaciones medianas (76 mm x 25 mm)	0,027
25% revestido	0,023
Totalmente revestido	0,012
✓ Ondulaciones grandes (152 mm x 51 mm)	
25% revestido	0,026
Totalmente revestido	0,012

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

Figura 8. *Escurremientos en alcantarillas con control de salida*



Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

Calculada la carga H , el nivel de aguas a la entrada (H_e) se calcula sumando la carga al nivel de aguas a la salida de la alcantarilla. En la determinación de este último, pueden presentarse dos situaciones. Si a la salida, el cauce tiene una sección transversal, pendiente y rugosidad razonablemente uniformes, se puede suponer la existencia de altura normal a

la salida y calcularla empleando la fórmula de Manning. Si por el contrario, existen en el cauce hacia aguas abajo disminuciones de ancho o pendiente que impliquen un control del régimen hidráulico del escurrimiento, debe calcularse el nivel de aguas a la salida de la alcantarilla, empleando los métodos de cálculo de ejes hidráulicos o curvas de remanso.

2.4.4.6.2 Salidas no sumergidas

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), Si el nivel de la corriente inmediatamente aguas abajo de la salida se encuentra por debajo del dintel de la alcantarilla. La condición de salida sumergida no existe y la determinación del nivel de aguas a la entrada se realiza en forma diferente. La mayoría de los cauces naturales suelen ser relativamente anchos comparados con la alcantarilla, y la profundidad de agua en el cauce puede ser menor que la profundidad crítica de la alcantarilla, por lo cual el nivel de la corriente aguas abajo no influye en la capacidad o en el nivel de remanso en la entrada. Los casos en que se produce esta situación corresponden a los presentados en la Figura 8 letras B, C y D.

La situación presentada para el caso B ocurre para caudales altos, capaces de producir un escurrimiento con altura crítica igual al diámetro o altura de la alcantarilla en la salida. En este caso, la línea piezométrica en la salida coincide con el dintel de la alcantarilla para todo caudal igual o superior al que produce una altura crítica igual a la altura del conducto. Para calcular el nivel de aguas a la entrada se sumará la carga hidráulica a la altura del dintel en la salida.

Cuando la profundidad crítica cae bajo el dintel de salida, la superficie libre tiene la forma indicada en el caso C de la Figura 8, dependiendo de la magnitud del caudal. En estas condiciones, la determinación exacta de la profundidad de agua en la entrada requeriría del cálculo del eje hidráulico. Este cálculo requiere bastante tiempo y puede conseguirse un diseño aproximado siguiendo el procedimiento que se detalla a continuación.

Para encontrarse en las condiciones de escurrimiento mostradas en el caso C, la alcantarilla debe escurrir llena, en parte de su longitud. La línea piezométrica para la porción llena, pasará por el punto en que la corriente se separa de la parte superior del conducto, representado por el punto A de la Figura. Se demuestra, por cálculos de la curva de remanso, que si se prolonga en recta, la línea piezométrica, cortará el plano de la sección transversal de salida, en un punto situado por encima de la superficie libre de la

corriente que en dicho sitio tiene la profundidad crítica. Este punto se encuentra aproximadamente, en la mitad de la distancia, entre el dintel de la alcantarilla y a profundidad crítica. La prolongación de la recta mencionada anteriormente puede considerarse como una línea piezométrica equivalente, y la carga H determinada por la ecuación o los nomogramas puede sumarse al nivel de aquel punto, para obtener la cota de la superficie del remanso de entrada.

La condición de escurrimiento lleno en parte de la longitud del conducto (Figura 8 caso C) se producirá cuando la profundidad del agua a la entrada, medida desde el nivel de la superficie del remanso calculado anteriormente, es igual, o mayor que la cantidad:

$$D + (1 + K_e) \frac{V^2}{2g}$$

Donde V es la velocidad media para la sección transversal llena del conducto; Ke la pérdida de carga en la entrada; y D la altura interior de la alcantarilla. Si la profundidad de agua en la entrada es menor que el valor precedentemente consignado, la corriente presentará una superficie libre en toda la longitud del conducto, caso D.

Para obtener con precisión la profundidad en la entrada, en las condiciones de escurrimiento del caso D, deberá recurrirse al cálculo de la curva de remanso. La solución aproximada recomendada, es la misma que la dada para las condiciones de escurrimiento del caso C, con la reserva de que la precisión en el cálculo de la profundidad en la entrada He disminuye a medida que decrece el caudal de descarga.

Para los fines del diseño, este método es generalmente satisfactorio para profundidades del remanso de entrada mayores a 0,75 veces la altura del conducto.

Calculada la carga (H) la profundidad del agua en la entrada medida desde el umbral (He), puede expresarse por una sola relación para todas las condiciones de escurrimiento con control en la salida.

Esta ecuación es la siguiente:

$$H_e = H_i + H - L_i$$

Donde:

He = Profundidad de agua en la entrada (m).

H = Carga de la alcantarilla (m).

L = Longitud de la alcantarilla (m).

i = Pendiente de la alcantarilla (m/m).

H1 = Cota piezométrica en la salida medida desde el umbral de la salida de la alcantarilla (m).

Cuando el nivel superficial de la corriente inmediatamente aguas abajo de la salida, iguala o sobrepasa el dintel, H1 es igual a dicha profundidad de agua. Si el nivel aguas abajo, se encuentra bajo el dintel (Casos B, C y D), H1 es el mayor de dos valores: la profundidad de aguas en la salida o el valor $(h_c + D) / 2$. Esta última expresión representa la altura de la línea piezométrica aproximada, mencionada anteriormente.

La altura crítica para un gasto Q (m³/seg), en una sección rectangular o cuadrada, está dada por

$$h_c = 0,467 \left[\frac{Q}{B} \right]^{2/3}$$

2.4.4.7 Problemas hidráulicos especiales

2.4.4.7.1 Sólidos flotantes

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), Los sólidos, basuras y ramas arrastradas por el agua son muy perjudiciales si se acumulan a la entrada de la alcantarilla y afectan significativamente el funcionamiento hidráulico de la obra. Esta situación produce efectos adversos importantes en la obra, en el camino y en las zonas adyacentes. Es indispensable en consecuencia, contar con un buen mantenimiento para identificar los puntos con potencial de obstrucción y contar con las medidas adecuadas para evitar estos problemas. Existen dos alternativas para tratarlos, diseñar una obra para que pasen los sólidos, basuras y ramas o diseñar obras para interceptar los sólidos flotantes. Debe hacerse un estudio económico entre la solución de pasar los sólidos flotantes por la alcantarilla (lo cual generalmente tiene un mayor costo de construcción) y la solución de retener los sólidos aguas arriba de la entrada por medio de un dispositivo especial, solución que generalmente requiere de altos gastos de mantenimiento. Para retener las ramas y objetos flotantes puede instalarse una cámara, que es una extensión vertical de la alcantarilla que permite la limpieza cuando la entrada principal está obstruida. Esto implica aumentar la carga de entrada, por lo que deberán considerarse las precauciones

tendientes a impedir el desarrollo de velocidades y presiones excesivas que pudieran ocasionar filtraciones en la alcantarilla.

2.4.4.7.2 Anclaje

Durante las crecidas se produce en las entradas de las alcantarillas vórtices y remolinos que socavan y erosionan el relleno del terraplén se producen fuerzas de empuje que, especialmente en los casos de tubos de metal corrugado, con conducto cortado a bisel de acuerdo al talud del terraplén, o prolongados fuera de ésta, pueden producir la falla de la entrada.

El anclaje se logra aumentando el peso de los extremos de la alcantarilla, mediante muros de cabecera y pavimentos colocados en el talud del terraplén. Estas soluciones protegen además contra la erosión del material de relleno y contra posibles deformaciones de las entradas. En cuanto a las salidas, éstas también necesitan ser ancladas, ya que en ciertas ocasiones debido a erosión en este extremo pueden separarse las uniones de la alcantarilla misma.

2.4.4.7.3 Uniones

Es indispensable que las uniones en una alcantarilla sean lo suficientemente impermeables para evitar problemas de erosión y arrastre. Este problema se produce por filtraciones no sólo en las uniones sino también a lo largo de la alcantarilla que van erosionando el material de relleno bajo ella, y pueden finalmente causar la falla de la alcantarilla o del terraplén.

2.4.4.7.4 Inflexiones del eje de la alcantarilla

Cuando el eje de la alcantarilla no es recto, ya sea en planta o perfil, los cambios de dirección deben hacerse en la forma más gradual y uniforme que permita el lugar. Para estos casos debe tomarse en cuenta el paso de sólidos flotantes y el depósito de sedimentos. Si la alcantarilla opera con control de salida deberá tomarse en cuenta las pérdidas de carga debidas al cambio en la dirección del eje, las cuales son generalmente pequeñas, pero en casos importantes será necesario calcularlas.

2.4.4.7.5 Socavación local a la salida

Cuando la velocidad del escurrimiento en la alcantarilla es alta, puede producirse una socavación local a la salida de la obra que comprometa su estabilidad. En estos casos,

deben tomarse precauciones especiales, ya sea protegiendo el cauce natural con un pedraplén adecuado, o bien incluyendo obras de disipación de energía.

2.4.4.8 Criterios de instalación

2.4.4.8.1 Consideraciones sobre rellenos y apoyos

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), La altura de relleno que puede soportar una alcantarilla depende de las condiciones de su fundación, del método de instalación, de su rigidez y su resistencia estructural.

Las tensiones en la alcantarilla están altamente influenciadas por las condiciones de la fundación pudiendo presentarse varios casos:

La condición usual es aquella en que tanto el terreno bajo la alcantarilla como el relleno adyacente se asientan ligeramente. Si se produce un asentamiento uniforme tanto bajo la alcantarilla como en el relleno adyacente, no se producirán grandes tensiones en una alcantarilla flexible o en una segmentada rígida. Sin embargo, un asentamiento desigual puede significar distorsión y esfuerzos de corte, lo cual puede ocasionar fallas en alcantarillas rígidas. Una alcantarilla flexible se acomoda a asentamientos desiguales moderados, pero también estaría sujeta a esfuerzos de corte. Las alcantarillas monolíticas pueden tolerar solo pequeños asentamientos y requieren condiciones favorables de fundación.

Una fundación en la cual no se producen asentamientos, unida a un relleno adyacente que se asienta puede producir grandes tensiones en la alcantarilla, cualquiera sea su tipo.

Una fundación sin asentamiento, tanto bajo la alcantarilla como en el terreno adyacente produce también altas tensiones en la alcantarilla cuando la altura de terraplén supera los 10 m sobre la clave de la obra.

2.4.4.8.2 Requisitos de resistencia de tubos corrugados

Las principales fuerzas que actúan sobre el tubo son las cargas vivas, el peso del material de relleno, las fuerzas debidas al movimiento del suelo y los posibles esfuerzos de flexión debido a la erosión o socavación del terreno. Debe tenerse presente, también, que durante la construcción, el conducto puede verse sometido a esfuerzos mayores que aquellos que tendrá durante su vida de servicio una vez construido el pavimento.

2.4.4.9 Condiciones de servicio

2.4.4.9.1 Mantenimiento

Las alcantarillas deben mantenerse razonablemente limpias y reparadas en todo momento si se pretende que ellas funcionen como se ha previsto en el diseño. Un buen programa de mantenimiento implica inversiones periódicas, pero con éste se reducirá la probabilidad de falla de la alcantarilla, cuya reparación suele ser aún más costosa.

El programa de mantenimiento debe incluir inspecciones periódicas con inspecciones adicionales después de las crecidas. Estas últimas tienen por objeto, además comprobar el estado de la obra, anotar alturas de aguas que pueden ser un dato importante para nuevos diseños o reposiciones requeridas en la zona. Deberán indicarse las reparaciones necesarias, tales como acumulación de material de arrastre, depósitos de sedimentos, erosión, socavación y daño en la estructura.

A veces, estas inspecciones revelan la necesidad de reparaciones mayores tales como protección contra la erosión o la construcción de disipadores de energía. En ciertos casos, las condiciones cambian con respecto a las que había en el momento en que se diseñó la alcantarilla. Por ejemplo, la urbanización de la zona, los cambios en la hoya hidrográfica, la canalización del cauce, alteran las condiciones de diseño y deberán tomarse las medidas correctivas del caso.

Cuando existen estructuras especiales para la retención de material de arrastre, es necesario que éstas tengan un fácil acceso, ya que la mayoría de ellas requieren de limpieza después de cada tormenta. Al elegir el tipo de estructura para retener el material de arrastre deberá tomarse en cuenta la frecuencia con que será posible hacer estas limpiezas. Si se anticipa que la frecuencia será muy baja, conviene más bien diseñar la alcantarilla de modo que los sólidos flotantes pasen por ella.

2.4.4.9.2 Abrasión

La abrasión consiste en la erosión del material de la alcantarilla por sólidos flotantes acarreados por el cauce natural. El deterioro mecánico depende de la frecuencia, duración y velocidad del flujo, así como del carácter y cantidad de material de arrastre. Se puede proteger las obras contra la abrasión usando espesores adicionales de material estructural en el fondo de la alcantarilla.

En alcantarillas de metal se puede consultar un radier pavimentado cuando estén expuestas a un excesivo deterioro a causa de la acción de los elementos abrasivos del flujo o cuando las alcantarillas son utilizadas como paso de ganado. El pavimento del radier deberá extenderse sobre el tercio inferior de la circunferencia del tubo y deberá proporcionar un recubrimiento adecuado por encima de las crestas de las corrugaciones. En el caso de alcantarillas de metal también se puede utilizar espesores adicionales de plancha. Sin embargo, cuando se presenta corrosión combinada con abrasión, otros tipos de alcantarilla resultan generalmente, más económicos que los tubos metálicos de gran espesor.

Para el caso de alcantarillas de hormigón la consideración de espesores adicionales del radier constituye una buena solución. Para ellos se utilizará mezcla de concreto más durable. Los espesores extra de pared de los tubos proporcionarán un recubrimiento adicional a las armaduras de refuerzo, las que resultarán menos expuestas a los elementos corrosivos y a las velocidades excesivas de flujo. Donde existe abrasión muy severa se puede considerar la instalación de rieles u otros perfiles de acero puestos longitudinalmente en el fondo de la alcantarilla.

2.4.4.9.3 Corrosión

La corrosión puede manifestarse como consecuencia de la acción de elementos activos presentes en el suelo, aguas o atmósfera.

Las condiciones ambientales que contribuyen a la corrosión de alcantarillas metálicas son condiciones alcalinas y ácidas en el suelo y en el agua y la conductividad eléctrica del suelo. Otro factor que contribuye a la corrosión es la frecuencia y duración en flujos que transportan sólidos que producen abrasión y dañan las capas protectoras.

El agua salada causa intensa corrosión a corto plazo en el acero. En general, cualquier material de alcantarilla expuesto al agua de mar requiere algún tipo de protección para asegurar una adecuada vida útil. Lo mismo sucede con los ácidos producidos por minas de carbón y otras operaciones mineras.

La experiencia ha demostrado por otra parte, que los metales se corroen en suelos con gran contenido de productos orgánicos.

Para alcantarillas de metal corrugado generalmente se utiliza capas protectoras tales con revestimientos bituminosos con o sin pavimento de radier, o bien recubrimiento asfáltico en combinación con galvanizado u otros sistemas aceptables de protección.

2.4.5. Drenaje de la plataforma

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), El objetivo último del diseño de las obras de drenaje de la plataforma es mantener las pistas de tránsito libres de inundación para la probabilidad de la precipitación de diseño.

Esta sección incluye el análisis de los distintos tipos de obras necesarias para recoger y eliminar las aguas que se acumulan en la plataforma de la carretera, las que pueden provenir de aguas lluvias que caen directamente sobre la franja de expropiación de la carretera, aguas superficiales que provienen de áreas vecinas fuera de la franja de expropiación, que no son interceptadas y llegan al camino, como también aguas superficiales que llegan a la carretera en los cruces de caminos.

2.4.5.1 Criterios de diseño

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), La frecuencia de diseño y tolerancia a las inundaciones o desbordes dependerán de la importancia del camino y de los riesgos y costos que ellos implican. La frecuencia de la precipitación de diseño y la extensión admisible de inundación se determinarán con las normas indicadas en la Tabla 13.

Los caudales de diseño para el drenaje de la plataforma, se estimarán mediante el Método Racional Modificado, adoptándose un tiempo de concentración mínimo de 10 minutos.

Se evitará la concentración de flujos extendidos a través de la plataforma, no permitiéndose, como regla general, flujos concentrados en la plataforma de más de 3 litros por segundo.

En el caso específico del drenaje de medianas, se deberán tomar en consideración los siguientes aspectos de diseño. En primer lugar, se deberá minimizar el escurrimiento de flujos, sean estos concentrados o extendidos, por las medianas que separan las calzadas de tránsito unidireccional. Cuando se trata de medianas a ras de las calzadas y de anchos no superiores a 3 m los escurrimientos provenientes de las precipitaciones podrán evacuarse hacia las calzadas adyacentes. En las medianas hundidas deberán disponerse sumideros de aguas lluvias que desagüen a un colector del sistema general.

Tabla 13. Normas para drenaje de la plataforma

Características de la carretera	Límites de inundación de aguas superficiales (Basados en un tiempo de concentración de 10 minutos)	Frecuencia de la lluvia de diseño según el tipo de carretera
Vías de circulación normales		
Bermas dispuestas a nivel de Calzada.	Hasta el Borde más bajo de la Calzada	Autopistas o previstas como tales 25 años
Bermas transitables con solera.	Hasta 1,50 m de la calzada; pero el agua no sobrepasará la berma del lado más bajo de los peraltes	
Mediana hundida	Borde de la calzada	
Mediana elevada con soleras	Hasta un ancho de 3 m de la plataforma sin que el agua llegue a desbordar la solera de la mediana	Autorutas y Primarios 10 años
Rampas	Hasta un ancho de 3 m de la plataforma sin que el agua llegue a desbordar la solera o borde de la cuneta del lado más bajo de un peralte	
Ramales y otros empalmes de importancia similar	Igual que a) y b) consignados más arriba	Caminos 5 años
Puntos bajos de calzada y secciones bajo nivel de terreno	Hasta un ancho de 1,50 m de la calzada independientemente del tipo de berma	Autopistas: 50 años Autorutas y Primarios: 25 años Caminos: 10 años

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

Las pendientes longitudinales mínimas recomendables son de 0,25% para medianas de tierra y de 0,12% para medianas con cauces pavimentados. Cuando las velocidades son excesivas para las condiciones del terreno deberán tomarse las precauciones correspondientes para evitar la erosión.

Por último, y considerando los factores económicos, se tendrán en cuenta aquellas posibilidades de diseño que permitan introducir economías en los costos de obras de drenaje en la mediana. Para ello se recomienda dotar a la mediana de capacidad de retención provisional de las aguas, conjuntamente con sumideros sencillos de fácil construcción. Se sugiere ubicar los sumideros de tal manera que sea posible desaguar en alcantarillas cercanas, o en colectores próximos del sistema general de drenaje de aguas

lluvias. Se buscará optimizar la capacidad de admisión de los sumideros, ubicando las bocas de entrada en los puntos bajos del camino.

Las obras permanentes de drenaje, previstas para la etapa de construcción se proyectarán como parte integrante del sistema definitivo de drenaje. Esta condición será aplicable solamente a sistemas de drenaje de aguas lluvias

2.4.5.2 Cunetas, canales longitudinales

2.4.5.2.1 Cunetas longitudinales

Según la Administradora Boliviana de Carreteras (2009), la pendiente longitudinal mínima sugerida para las cunetas revestidas será de 0,12% y de 0,25% en aquellas sin revestir. En términos de la pendiente transversal, las cunetas de solera de 0,50 m de ancho tendrán una pendiente transversal máxima de 30% hacia la solera para aprovechar en mejor forma la capacidad de la cuneta y la eficiencia de los sumideros. Para cunetas de ancho superior a 0,50 m, la pendiente transversal no será menor que 8%. En relación a las intersecciones con solera, si el tránsito de peatones es un factor importante, se analizarán en cuanto a efectividad y economía las siguientes alternativas para el drenaje de la intersección. Primero, la intercepción total del flujo en o cerca de la esquina. En segundo lugar, la intercepción parcial del flujo, permitiendo el escurrimiento de hasta 3 lt/s a través de la intersección. En este caso, la extensión superficial de la corriente deberá controlarse de modo que el tránsito de los peatones sea posible.

La capacidad hidráulica de las cunetas triangulares se puede calcular empleando la ecuación de Manning, expresada de la siguiente manera:

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R^{2/3} i^{1/2}$$

Donde:

Q= Caudal (m³/s).

n= Coeficiente de Rugosidad de Manning.

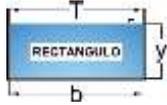
A= Área de la Sección (m²).

R= Radio Hidráulico del escurrimiento (Razón entre el área y el perímetro mojado).

i= Pendiente Longitudinal (m/m).

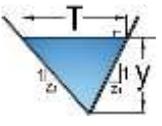
Las propiedades geométricas e hidráulicas de la cuneta se pueden determinar empleando las fórmulas presentadas en la Tabla 14.

Tabla 14. Capacidad hidráulica de cunetas y canales
a. Propiedades geométricas de una sección transversal de un canal

Sección	Área A [m^2 , $pies^2$]	Perímetro mojado P [m , $pies$]	Radio hidráulico R [m , $pies$]	Ancho superficial T [m , $pies$]	Profundidad Hidráulica $D_H=A/T$ [m , $pies$]
	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b	y
	$y(b + zy)$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{y(b + zy)}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$b + 2zy$	$\frac{y(b + zy)}{b + 2zy}$
	zy^2	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zy^2}{2y\sqrt{1 + z^2}}$	$2zy$	$\frac{1}{2}y$

Fuente: Elaboración Ing. Lozano

b. Secciones geométricas para sección triangular y trapezoidal con secciones diferentes

Sección	Área A [m^2 , $pies^2$]	Perímetro mojado P [m , $pies$]	Radio hidráulico R [m , $pies$]	Ancho superficial T [m , $pies$]
	$y\left(b + \frac{z_1 + z_2}{2}y\right)$	$b + \left(\sqrt{1 + z_1^2} + \sqrt{1 + z_2^2}\right)y$	$\frac{y\left(b + \frac{z_1 + z_2}{2}y\right)}{b + \left(\sqrt{1 + z_1^2} + \sqrt{1 + z_2^2}\right)y}$	$b + (z_1 + z_2)y$
	$\left(\frac{z_1 + z_2}{2}\right)y^2$	$\left(\sqrt{1 + z_1^2} + \sqrt{1 + z_2^2}\right)y$	$\frac{\left(\frac{z_1 + z_2}{2}\right)y}{\left(\sqrt{1 + z_1^2} + \sqrt{1 + z_2^2}\right)}$	$(z_1 + z_2)y$

Fuente: Elaboración Ing. Lozano

2.4.5.2.2 Canales longitudinales

Dependiendo de su ubicación, los canales longitudinales podrán denominarse canales interceptores (también llamados contrafosos de coronación) o cunetas laterales tratadas en el Tópico anterior. Estos canales interceptores pueden estar contruidos en cortes o en terraplenes.

En el caso de los canales interceptores en cortes, si las aguas recogidas por los taludes de cortes que viertan hacia el camino dan lugar a la erosión o a deslizamiento de los mismos se proyectará un contrafoso o zanja protectora sobre la coronación del corte para recoger las aguas que bajan por las pendientes naturales y conducir las hacia la quebrada o descarga más próxima del sistema general de drenaje. Se recomienda no colocar estas zanjas paralelamente al camino, porque los tramos finales del canal quedan con una pendiente excesiva, sino que, por el contrario, se conducirá el trazado del canal hacia el interior de la hoya, siguiendo las pendientes admisibles para el tipo de terreno o revestimiento.

Los canales interceptores cuyas pendientes induzcan velocidades superiores a lo señalado en la Tabla 9 deberán revestirse con el objeto de prevenir la erosión. Si la pendiente longitudinal del canal excede de 25% se recomienda disponer de bajantes de agua tanto en taludes naturales como en terraplenes. Se puede prescindir de los canales interceptores en taludes de suelos resistentes a la erosión con declives de 2:1 (H: V) o menores, o cuando durante la construcción se hayan adoptado medidas efectivas de control de la erosión.

En el caso de los canales interceptores en terraplenes, si es de temer la erosión de los terraplenes al caer por sus taludes las aguas superficiales procedentes de calzadas y bermas, debe proyectarse una cuneta formada por la berma revestida y una solera para conducir las aguas superficiales hasta los puntos de desagüe.

La pendiente mínima recomendable para canales longitudinales es de 0,25% en canales de tierra y de 0,12% en canales revestidos.

La velocidad de las aguas deberá limitarse para evitar la erosión, sin reducirla tanto que puede dar lugar a depósito o sedimentación. La velocidad mínima aconsejable es de 0,25 m/s, siendo las velocidades máximas admisibles las que se indican en la Tabla 9 para obras sin revestir y Tabla 15 para las revestidas.

Tabla 15. Velocidades máximas admisibles en contrafosos y cunetas revestidas

Tipo de revestimiento	Velocidad admisible (m/s)
Mezclas asfálticas en sitio y tratamientos superficiales	3,00
Mampostería en piedra	4,50
Hormigón asfáltico y de cemento Pórtland	4,50

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2009)

2.5 Inspección Visual de estructura de drenaje

2.5.1 Drenaje transversal

Según INVIAS (2006), Los sistemas de drenaje transversal son aquellos elementos que transportan agua cruzando el eje de la carretera. Por lo general, el cruce se realiza de manera perpendicular al eje y transportan el aporte de la cuenca que se encuentra aguas arriba de la vía en dirección aguas abajo.

Alcantarillas. Son estructuras de evacuación de las aguas de escorrentía y su función es la de drenar corrientes de agua permanentes o estacionales. También se les denomina alcantarillas a las estructuras que permiten evacuar en sitios predeterminados los caudales entregados por las cunetas, que a su vez recogen las aguas lluvias que caen sobre la calzada. Se consideran aquí las alcantarillas en donde el agua fluye con una superficie libre por la tubería.

La separación entre alcantarillas depende de varios factores entre los cuales podemos destacar: la topografía, la hidrología de la zona, la pendiente del tramo de carretera, la vegetación, el trazado, etc.

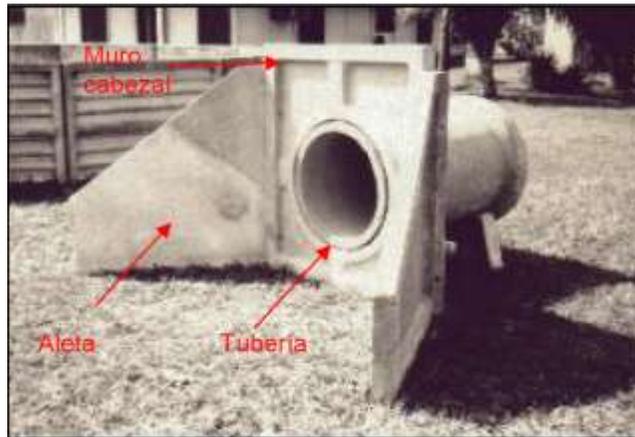
Vale la pena aclarar que, para efectos de este manual, las alcantarillas aquí mencionadas están compuestas por tubería ya sea de concreto, metálica, PVC, entre otras. La inspección de las alcantarillas de sección cuadrada o rectangular que tengan una sección adecuada para la inspección interna, deberá realizarse teniendo en cuenta el Manual de Inspección Visual de Puentes y Pontones; en los demás casos se deben utilizar los parámetros establecidos en este manual teniendo claras las restricciones a que haya lugar.

Las principales partes de una alcantarilla son:

- ✓ Encole: estructura diseñada para reducir la velocidad y disipar la energía de los flujos de agua en la entrada de las obras de drenaje, y así entregar de manera segura el agua a la tubería de la alcantarilla.
- ✓ Estructura de entrada: se refiere a todas las obras construidas con el fin de conducir el flujo hacia la tubería y de estabilizar el terraplén de la vía y/o el terreno natural tales como: aletas, solado, muro cabezal, etc.
- ✓ Poceta o lavadero: estructura que recibe el agua recolectada por las diferentes estructuras de drenaje longitudinal, especialmente cunetas. Se utiliza como encole y en algunas ocasiones puede encontrarse en el descole acompañada de otras estructuras de conducción de agua.
- ✓ Muro Cabezal: tiene como finalidad contener el material que sirve como estructura de la vía, así como de protección de la tubería.
- ✓ Aletas: se utilizan para contener los taludes que conforman el terraplén de la vía y/o el terreno natural.
- ✓ Tubería: puede ser de concreto o láminas metálicas, especialmente de acero. Tiene como fin garantizar la conducción del flujo de un lado al otro de la vía, evitando infiltraciones que puedan afectar los materiales que componen la estructura de pavimento. Los extremos de los tubos y el diseño de las juntas deben garantizar un encaje adecuado entre secciones, de manera que formen un conducto continuo, libre de irregularidades en la línea de flujo.
- ✓ Estructura de salida: se refiere a todas las obras construidas con el fin de entregar el flujo hacia el descole o sitio de vertimiento de las aguas y de estabilizar las zonas aledañas. Se debe garantizar una estructura adecuada de tal forma que no se presente socavación del terreno donde se encuentre cimentada la alcantarilla. Generalmente está constituida por los mismos elementos de la estructura de entrada.
- ✓ Descole: es una estructura diseñada para reducir la velocidad y disipar la energía de los flujos de agua en la salida de obras de drenaje y así entregar de manera segura el agua a canales naturales u otros canales no erosionables.

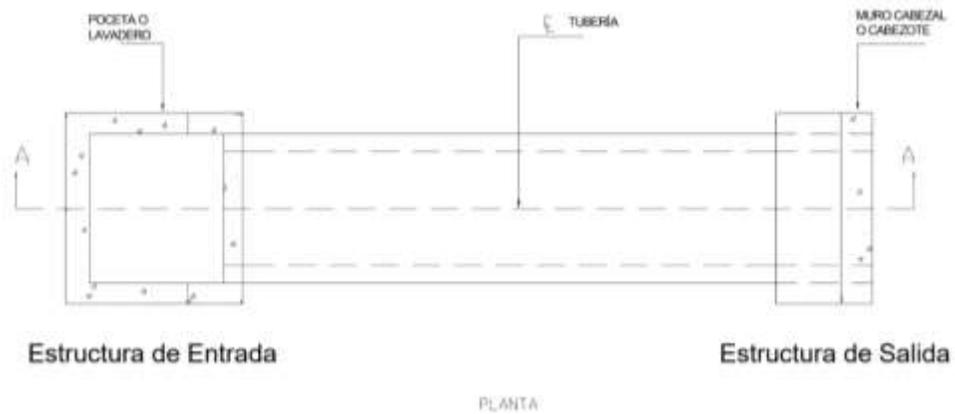
La Fotografía 1 y la Figura 9 muestran las partes típicas de una alcantarilla.

Fotografía 1. Partes principales de una alcantarilla



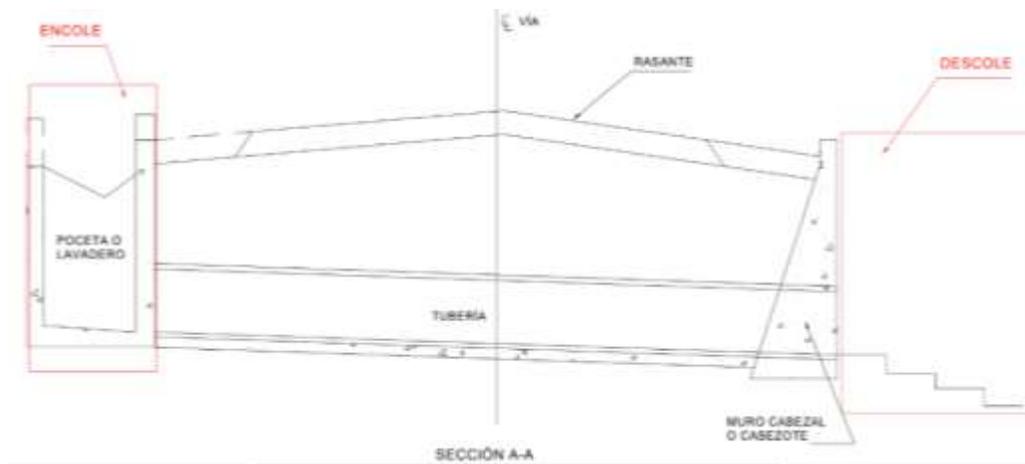
Fuente: INVIAS (2006)

Figura 9. Partes principales de una alcantarilla con poceta



Fuente: INVIAS (2006)

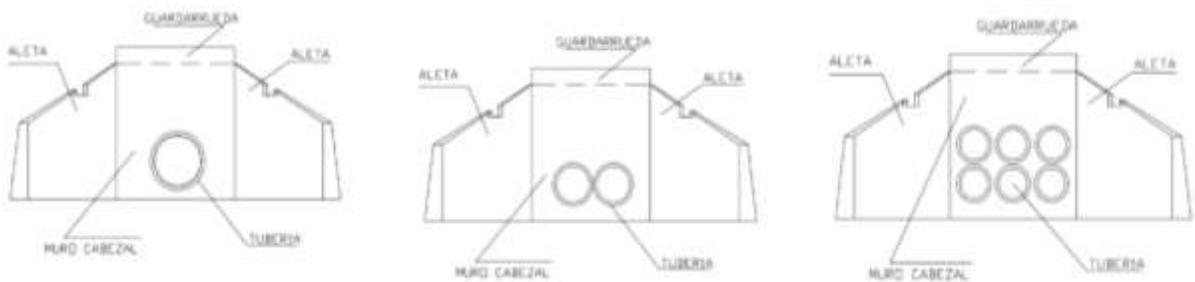
Figura 10. Partes principales de una alcantarilla con poceta (continuación)



Fuente: INVIAS (2006)

Las alcantarillas pueden ser sencillas, dobles o múltiples (tres o más tubos), esto dependiendo del número de ductos que la componen, tal como se presentan en la figura 11.

Figura 11. *Alcantarilla simple Alcantarilla doble Alcantarilla múltiple*



Fuente: INVIAS (2006)

Para alcantarillas de sección cuadrada puede utilizarse la misma denominación.

Daños típicos y forma de medición. Se presenta a continuación algunos de los daños más comunes en alcantarillas de sección circular. En alcantarillas de sección cuadrada se puede aplicar un criterio similar.

Algunos de los daños que pueden encontrarse en los diferentes elementos de la alcantarilla son los siguientes:

2.5.1.1 Grietas en aletas, muro cabezal y muros de pocetas o lavaderos.

Como se muestra en la Fotografía 2 este tipo de daños afectan tanto la estabilidad como la funcionalidad de la estructura.

Fotografía 2. *Grietas en muro cabezal*



Fuente: INVIAS (2006)

Durante la inspección deberá registrarse la longitud y el ancho en metros y la profundidad de la grieta en metros o en milímetros.

2.5.1.2 Grietas en la tubería principal

Este tipo de daños es común en las alcantarillas. En caso de que sean tubos aislados deberá registrarse la longitud, el espesor y la profundidad de la grieta en metros. Si el criterio del ingeniero que está realizando la inspección determina que la grieta es de tal gravedad que para su reparación es necesario el reemplazo total del tubo, deberá registrarlo de esta manera, indicando el diámetro y la longitud de tubería en metros que debe ser reparada.

Fotografía 3. *Grietas en tubería principal de una alcantarilla*



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.1.3 Grietas verticales en la unión entre el muro cabezal y las aletas

Fotografía 4. *Grieta vertical en la unión entre cabezal y las aletas*



Fuente: INVIAS (2006)

Como se muestra en la Fotografía 4, este tipo de daños afectan tanto la estabilidad como la funcionalidad de la estructura. Durante la inspección deberá registrarse la longitud y el ancho en metros y la profundidad de la grieta en metros o en milímetros.

2.5.1.4 Fractura con pérdida parcial o total de la tubería

Este tipo de daño afecta la estabilidad y funcionalidad de la estructura y de la vía en general, ya que permite infiltraciones de agua al terreno. Para efectos de la inspección, en el formato deberá registrarse el número y la longitud en metros de los tubos afectados.

Fotografía 5. *Fractura con perdida parcial de tubería.*



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.1.5 Grietas o fracturamientos en canales disipadores y en otras estructuras que sirvan como encole o descole

Fotografía 6. *Fracturamiento con pérdida del elemento de descole*



Fuente: INVIAS (2006)

Este daño deberá registrarse indicando el área afectada en metros cuadrados, en caso de daño parcial o total de la estructura; se deberá hacer la aclaración de que porcentaje de la estructura está involucrada. En caso de presentarse grietas o fracturamientos muy pequeños (afectando menos de 0,10 m de longitud) se registrará además de la longitud, el ancho y la profundidad de la misma en metros.

2.5.1.6 Separación de secciones de tubería permitiendo infiltración de agua

Este daño deberá registrarse indicando el número de tubos que se encuentran separados y la distancia promedio de separación entre los mismos en metros. Deberán hacerse anotaciones con respecto a procesos de inestabilidad que estén afectando el terreno y especialmente si están afectando la banca de la vía, en cuyo caso deberá registrarse de forma aproximada el área afectada.

Fotografía 7. *Separación de secciones de tubería que han ocasionado inestabilidad del terreno.*



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.1.7 Hundimientos o aplastamientos de secciones de tubería

Este daño generalmente está asociado a asentamientos y hundimientos de la rasante o superficie del terreno. En el formato deberá registrarse el número de tubos afectados, y si es posible el desplazamiento vertical promedio de los mismos en metros.

Fotografía 8. *Hundimiento o aplastamiento de la tubería*



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.1.8 Exposición de la tubería a la acción del tráfico

Fotografía 9. *Exposición de tubería de alcantarilla con separación de secciones de tubería*



Fuente: INVIAS (2006)

Aunque este daño no es común en vías pavimentadas, se ha encontrado en algunas vías de la red Nacional. Este daño está asociado con la mala calidad de compactación y espesores deficientes del material de relleno sobre las tuberías, en algunos casos se puede encontrar con separación de las secciones tubería. Para efectos de la inspección deberá registrarse en el formato el número de tubos involucrados, así como el área expuesta a la acción del

tráfico en metros cuadrados, y si es el caso, la longitud de calzada afectada en metros. Si el mortero de pega de las tuberías no existe o ha sido removido parcialmente deberá hacerse la observación respectiva.

2.5.1.9 Exposición del acero de refuerzo en muro cabezal, aletas y tubería

La exposición del acero de refuerzo genera corrosión que reduce la vida útil de la estructura, hasta llegar a generar colapso de la misma. Deberá registrarse en el formato el elemento donde se presenta la exposición y el área afectada en metros cuadrados.

Fotografía 10. *Exposición del acero de refuerzo en muro cabezal*



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.1.10 Socavación del concreto y suelo de fundación de aletas, solado, y/o muro cabezal

Fotografía 11. *Socavación de aleta de alcantarilla*



Fuente: INVIAS (2006)

Los efectos de la socavación sobre las estructuras son bien conocidos, provocando en la mayoría de los casos el colapso. En el formato deberá registrarse el elemento de la alcantarilla que presenta la socavación, así como el área aproximada de afectación en metros cuadrados. Además, se deberá verificar si existe socavación que esté removiendo el suelo de cimentación de los diferentes componentes de la alcantarilla.

2.5.1.11 Deterioro y pérdida del mortero de pega de las uniones de la tubería

Deberá registrarse el número de uniones que presentan pérdida del mortero de pega, así como la longitud total en metros que deberá ser reparada a fin de que no exista ningún tipo de infiltración de agua o de cualquier material.

Fotografía 12. *Perdida de mortero de pega en la unión de la tubería*



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.1.12 Defectos constructivos y en los acabados

Deberán registrarse todos los defectos constructivos tales como pendiente inversa o insuficiente para lograr un adecuado movimiento del agua a través de la estructura. Los defectos en los acabados pueden generar problemas futuros y dan mal aspecto a la obra. Se pueden considerar como defectos los hormigueros generados por la mala vibración del concreto, el desprendimiento del pañete de las paredes, etc. Estos defectos deberán registrarse indicando en área afectada en metros cuadrados o en su defecto la longitud en metros.

Fotografía 13. *Alcantarilla con defectos en los acabados y con hormigueros en el muro cabezal y aletas.*



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.1.13 Mantenimiento inadecuado

Deben registrarse en el formato problemas de mantenimiento tales como invasión de maleza, colmatación parcial o total de las estructuras de entrada y salida de la alcantarilla, del encole, del descole y de la tubería, También se registrarán los efectos antrópicos tales como acumulación de materiales de construcción, basuras, golpes, etc., que afectan el buen funcionamiento de la estructura. Este daño se registrará indicando el porcentaje de tubo obstruido (con respecto al diámetro del mismo).

Fotografía 14. *Acumulación de sedimentos y maleza obstruyendo parcialmente la salida de la tubería*



Fuente: INVIAS (2006)

Cuando se reporten daños en los diferentes componentes de la alcantarilla se recomienda elaborar un esquema donde se coloque la ubicación del daño dentro del elemento y las características particulares.

Finalmente deberán registrarse los efectos del flujo de agua sobre las zonas aledañas a la alcantarilla para verificar que no existan problemas de socavación y/o erosión que generen inestabilidad del sector.

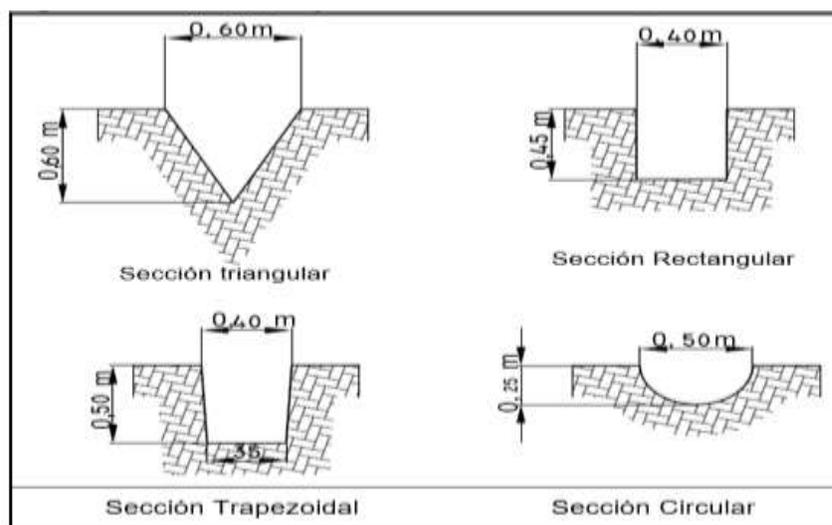
2.5.2 Drenaje longitudinal

El sistema de drenaje longitudinal está constituido por aquellos elementos que se desarrollan en forma aproximadamente paralela al eje de la carretera. El más notorio es la cuenta, canal que atrapa el caudal que discurre por la vía y lo canaliza. Por lo general la entrega se realiza aguas arriba o aguas debajo de una alcantarilla en una zona preparada para resistir el paso del agua.

Cunetas. Son canales abiertos construidos en los costados de las carreteras. El objetivo principal de estas obras es:

- ✓ Recoger las aguas de escorrentía procedentes de la calzada, evitando así encharcamientos en la vía que disminuyen el nivel de servicio de la misma y que pueden causar problemas por infiltración a las capas subyacentes.
- ✓ Recoger las aguas de escorrentía procedentes de los taludes de cortes y laderas adyacentes.

Figura 12. Secciones típicas de cunetas



Fuente: INVIAS (2006)

Su sección transversal es variable según lo determine el diseño, siendo común la de forma triangular, porque facilita su limpieza por medios mecánicos, aunque también se pueden construir de forma trapezoidal y cuadrada. La Figura 12 muestra algunas secciones típicas de cunetas.

Daños típicos y forma de medición. Se presentan a continuación algunos de los daños más comunes en cunetas, así como la forma en que deben registrarse en el formato de captura.

2.5.2.1 Escalonamiento (EJ)

Desnivel entre dos módulos de concreto separados por una junta transversal o desnivel en la junta entre la cuneta y el pavimento.

Severidades: Teniendo en cuenta la separación (e) entre las superficies de los módulos, la clasificación de severidades es la siguiente:

- ✓ Baja: $e < 6,0$ mm.
- ✓ Media: $6,0 < e < 25,0$ mm.
- ✓ Alta: $e > 25,0$ mm.

Deberá registrarse junto con la severidad, la longitud de cuneta afectada en metros.

Fotografía 15. Escalonamiento



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.2.2 Grietas (GR)

Son el resultado de esfuerzos que actúan sobre el concreto. Pueden estar relacionadas con problemas intrínsecos del concreto incluyendo los defectos constructivos y en muchos casos tienen sus orígenes en las cargas de tránsito aplicadas de manera rápida o lenta. Las cunetas en general no se diseñan para soportar cargas, sin embargo, las condiciones

geométricas de las vías y en algunos casos la imprudencia de los usuarios hace inevitable que estas estructuras trabajen con esfuerzos que superan su resistencia. Es indispensable cuando se realice la inspección, tratar de identificar si las grietas son causadas por efectos del tráfico o por el contrario tienen su origen en la calidad de los materiales o defectos constructivos.

Severidades

Teniendo en cuenta la abertura de la grieta (g), las severidades que se proponen son las siguientes:

- ✓ Baja: $g < 3,0$ mm o fisuras selladas que no permitan infiltración de agua fácilmente.
- ✓ Media: $3,0 < g < 10,0$ mm. Se puede observar la presencia de material granular tipo arena y alguna presencia de vegetación.
- ✓ Alta: $g > 10,0$ mm en donde se observa un potencial de infiltración importante con material granular y presencia o no de vegetación.

Fotografía 16. *Severidades de las grietas en cunetas*



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.2.3 Desgaste (DSU)

Corresponde al deterioro de la superficie de la cuneta y está relacionada con altas velocidades de flujo, mala calidad de los materiales, y la acción del tránsito, así como otros agentes abrasivos y/o erosivos. Esta patología se evidencia por la pérdida del material de recubrimiento y presencia de agregados con una cara plana en la superficie, en algunos casos hay pérdida de los agregados superficiales. Es muy común encontrar esta

patología en sectores donde existen curvas horizontales, ocasionada por el tránsito de los vehículos.

Severidades

- ✓ Baja: Se ha perdido recubrimiento del agregado que ha comenzado a desgastarse, pero no de manera significativa.
- ✓ Media: La superficie del concreto es moderadamente rugosa y hay pérdida leve de partículas, sin embargo, no se observa socavación significativa.
- ✓ Alta: La superficie está muy rugosa y presenta pérdida de partículas, puede presentarse socavación que genera un canal más pequeño por donde pasa el flujo.

Fotografía 17. *Severidades del desgaste superficial*



a) Severidad media

b) Severidad alta

c) Severidad alta

Fuente: INVIAS (2006)

2.5.2.4 Desportillamiento (DPT - DPL)

Consiste en la desintegración de las aristas o del borde de una junta, longitudinal o transversal o una grieta, con pérdida de trozos y que puede afectar hasta unos 5 cm dentro de la cuneta.

Severidades: Teniendo en cuenta la distancia (d) entre la junta y el borde externo del desportillamiento, se clasifica de la siguiente forma:

- ✓ Baja: $d < 5,0$ cm.
- ✓ Media: $5,0 < d < 15,0$ cm.
- ✓ Alta: $d > 15,0$ cm.

Fotografía 18. *Desportillamiento de severidad alta*



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.2.5 Fracturamiento de la estructura (FRAC)

Este daño se presenta cuando la cuneta presenta agrietamientos en bloques de tamaño mayor de 0,30 m. x 0,30 m. Se considera que hay fracturamiento cuando se presentan más de dos bloques en un módulo, de lo contrario deberán reportarse como grietas.

Severidades

- ✓ Baja: existen más de dos bloques en el módulo de la cuneta sin embargo no hay desplazamientos ni hundimientos del concreto y no se observa infiltración excesiva
- ✓ Media: los bloques presentan una separación entre 3 mm y 10 mm con algún desplazamiento, sin hundimientos.
- ✓ Alta: los bloques presentan separaciones entre sí mayores de 10 mm, adicionalmente hay desplazamientos y hundimientos que permiten infiltración de agua a las capas inferiores. Puede existir remoción total o parcial del concreto y no hay continuidad de la cuneta.

Durante la inspección deberá registrarse la severidad, el área afectada en metros cuadrados y el número de módulos fallados.

Adicionalmente deberá indicarse si hay pérdida del concreto, indicando el área faltante.

Fotografía 19. Severidades del fracturamiento



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.2.6 Separación de la cuneta (SC)

Esta patología indica el ensanchamiento de la junta existente entre la calzada o la berma y la cuneta.

Severidades

- ✓ Baja: $SC < 3,0$ mm
- ✓ Media: $3,0 < SC < 10,0$ mm
- ✓ Alta: $SC > 10,0$ mm

Durante la inspección deberá registrarse además de la severidad, la longitud en metros de la cuneta afectada, así como el número de módulos involucrados.

Fotografía 20. Separación de la cuneta (Severidad Alta)



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.2.7 Obstrucción (OBS)

Consiste en el depósito de sedimentos que generan un estancamiento del agua. Esta patología está relacionada con la velocidad de flujo en la cuneta, ya que a bajas velocidades se pueden presentar depósitos también puede presentarse por depósito de materiales provenientes de taludes adyacentes a la cuneta.

Severidades

- ✓ Baja: menos del 1% de la sección se encuentra con material tanto transportado como del que proviene de taludes adyacentes.
- ✓ Media: la cuneta se encuentra obstruida en un 30% de su sección transversal.
- ✓ Alta: la cuneta presenta obstrucción en más del 30% de su sección transversal.

Fotografía 21. *Severidades de la obstrucción en cunetas*



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.2.8 Estructura de entrega

Debe realizarse una descripción de la forma en la que la cuneta está entregando las aguas, si existe estructura de entrega, si deposita en un canal natural o artificial o si se encuentran daños ocasionados por terceros.

Aunque aquí no se describa un daño deberá quedar registrado durante la visita si existe o no una entrega adecuada de las aguas a estructuras que conduzcan a un canal natural o artificial.

Fotografía 22. *Entrega inadecuada del agua conducida por las cunetas.*



Fuente: INVIAS (2006)

2.5.3 Metodología de Evaluación de obras de drenaje

2.5.3.1 Cunetas: Formato de captura de información

Parte 1: Información general

Este espacio permite realizar la captura de información general de la vía, tal como la territorial a la que pertenece, el nombre, el sector y el código de la vía; junto a esta opción se puede indicar con una “X” si la vía pertenece a una concesión, un corredor de mantenimiento integral o si está a cargo de administradores viales (siglas A.M.V.), en cuyo caso se debe aclarar a qué sector o grupo de administración vial pertenece (Sector Adm. Vial No.).

Adicionalmente, se debe registrar la fecha del levantamiento (día – mes – año), el contrato que se está revisando (Contrato No. y año), el nombre de quien realiza el levantamiento y el número de la hoja correspondiente.

EVALUACIÓN DE LAS OBRAS DEL CONTRATO No. ...505...de ...2022.....

Territorial: El puente
Nombre de la vía: Septapas-Animas
Código de la vía: 0000
Sector: Ircalaya- Verdiguera

Mantenimiento integral: Ircalaya- Verdiguera

Concesión:

Sector Adm. vial no.:

Fecha: 15/06/2022

Hoja: ...1.....de.....1..

Levantado por: estudiante

Parte 2: Características de la cuneta

En esta parte del formato se deben registrar las características que permitan identificar la cuneta que se está inspeccionando.

- ✓ PR Inicial de la cuneta.
- ✓ Lado: se debe marcar con una X en que costado de la vía (izq. ó der.) se encuentra la cuneta, esto de acuerdo con el sentido del abscisado.
- ✓ Longitud: en este campo se debe referenciar la longitud total de la cuneta y la de cada módulo en metros. En este caso se le denomina módulo a cada una de los segmentos que están separados por juntas transversales por lo general miden entre 1,5 m y 2,0 m.
- ✓ Forma: se debe identificar en campo que tipo de sección transversal presenta la cuneta, en esta casilla se coloca V si es triangular, R si es rectangular, T si es trapezoidal y S si es semicircular. Para identificar mejor la sección es obligatorio realizar un esquema de la cuneta en la parte 4 del formato.

Parte 2: Formato para la captura “Características de la cuneta”

PR Inicial	Lado		Longitud(m)		Forma
	D	I	Total	Modulo	
0+461		√	85	1.5	V

Fuente: (INVIAS, 2006)

Parte 3: Registro de daños

En esta parte del formato se debe referenciar los daños que se encuentren en las cunetas, y si es el caso, los problemas que se presenten en las zonas aledañas que puedan o no llegar a afectar la estructura que se está inspeccionando.

- ✓ Tipo: se debe colocar la convención de cada una de las patologías descritas anteriormente que se encuentren en la cuneta inspeccionada. (En el reverso del formato se encuentra el cuadro resumen de las convenciones para cada patología).
- ✓ Severidad: se colocará la severidad de cada patología encontrada teniendo en cuenta los parámetros establecidos para cada una de ellas.
- ✓ Cantidad: En este campo se referencia las dimensiones de los daños encontrados, dependiendo del tipo de patología.
- ✓ Unidad: Se refiere a la unidad de medida utilizada para la medición de las patologías (Se recomienda utilizar el sistema internacional de unidades).
- ✓ Fotografía No.: Es importante llevar un registro fotográfico de los daños encontrados, para lo cual se ha dispuesto esta casilla, en la que se debe registrar el número de la(s) fotografías(s) correspondiente(s) al daño reportado. También se deben utilizar para reportar alguna particularidad o simplemente para mostrar una vista general de una estructura que se encuentre en buen estado.
- ✓ Observaciones: Este espacio se ha dispuesto para registrar cualquier información adicional que el Ingeniero considere importante y que no sea posible consignar en el formato, tal como problemas generalizados en el pavimento aledaño, problemas en las zonas aledañas (movimientos en masa, socavación, etc.) que afecten la continuidad de flujo en la cuneta, cambios de sección en un mismo tramo, etc.

Parte 3: Formato para la captura “Registro de Daños”

Daño				Fotografía N°	Observaciones
Tipo	Sev.	Cant.	Un.		
OBS	A	85	M	4 a 6	Material granular proveniente de un deslizamiento.

Fuente: INVIAS (2006)

Parte 4: Esquemas

En esta parte del formato es obligatorio realizar un esquema que indique claramente la sección transversal (perfil) de la cuneta, para este caso es primordial colocar las dimensiones de cada uno de los elementos que conforman la estructura.

Parte 5: Observaciones Generales

Este espacio se ha dispuesto para registrar cualquier información adicional que el Ingeniero considere importante y que no sea posible consignar en el formato, tal como condiciones climáticas en el momento de la inspección y días anteriores, falta de estructuras que garanticen la estabilidad de las obras y/o de la zona, características especiales del terreno, información de los habitantes, etc.

Observaciones generales= A lo largo del tramo inspeccionado se encontraron varias zonas inestables que generan obstrucciones en las cunetas, además existen lugares donde no existen cunetas o están destruidas que pueden llegar a afectar la vía, por tal motivo se recomienda la limpieza inmediata y la reconstrucción de las cunetas.

Fuente: INVIAS (2006)

2.5.3.2 Alcantarillas: Formato de captura de información

Procedimiento para el registro de daños. El propósito de la inspección de alcantarillas es determinar los daños en los elementos de la misma que puedan afectar a la vía, estableciendo el tipo de daño, su extensión y recurrencia; estos son factores que orientan al Ingeniero en el momento de definir las posibles causas de los daños o de programar actividades de campo y de laboratorio para estudiar las mismas y así establecer las alternativas de reparación más adecuadas y necesarias para reducir o eliminar los daños y las causas que los generan. Para este fin, se ha desarrollado un formato para el registro de los daños en campo, donde se debe registrar la información sobre cada daño en los elementos principales que componen la alcantarilla, incluyendo la extensión de los mismos.

Parte 1: Información general

Este espacio permite realizar la captura de información general de la vía, tal como la territorial a la que pertenece, el nombre y el código de la vía, la ubicación de la obra, junto a esta opción se puede indicar con una “X” si la vía pertenece a una concesión, un corredor de mantenimiento integral o si está a cargo de administradores viales (siglas A.M.V.), en cuyo caso se debe aclarar a qué sector o grupo de administración vial pertenece (Sector Adm. Vial No.). Adicionalmente, se debe registrar la fecha del levantamiento (día – mes – año), el contrato que se está revisando (Contrato No. y año), el nombre de quien realiza el levantamiento y el número de la hoja correspondiente.

Territorial	El Puente
Nombre de la vía	Septapas-Animas
Código de la vía	0000
Sector	Ircalaya- Verdiguera

Mantenimiento integral	√ Ircalaya- Verdiguera
Concesión:
A.M.V.
Sector ADM. vial No.:
Fecha	15/06/2022
Hoja	...1.....de.....1..
Levantado por	Estudiante

Parte 2: Tipo de alcantarilla

En esta parte del formato se debe marcar el tipo de ducto utilizado en la alcantarilla, si es de tipo cajón se debe colocar el ancho y la altura respectiva en metros, si es circular se debe especificar el diámetro de la misma en metros, para ambos casos se debe marcar el tipo de estructura construida (simple, doble ó múltiple) y especificar el número de ductos que la conforman. En el caso que se encuentre otro tipo de estructura se debe marcar la casilla OTRA y especificar cuál; para este caso es importante realizar un esquema frontal de la estructura de entrada o de salida de la alcantarilla en el espacio destinado para los esquemas (Parte 7).

Parte 2: Formato para la captura "Tipo de alcantarilla"

Tipo de alcantarilla			
Cajón:	<input type="checkbox"/>	Ancho (m):	<input type="checkbox"/>
Tubería:	<input checked="" type="checkbox"/>	Diámetro(m):	<input type="text" value="0,9"/>
Altura:	<input type="checkbox"/>		
Simple:	<input checked="" type="checkbox"/>	Nº de ductos:	<input type="text"/>
Doble :	<input type="checkbox"/>		
Múltiple:	<input type="checkbox"/>		
Otra:	<input type="checkbox"/>	Cual:	<input type="text"/>

Fuente: (INVIAS, 2006)

Parte 3: Características del ducto

Longitud de la tubería en metros.

Ángulo de esviaje: Es el ángulo que forma la tubería con una línea perpendicular al eje de la vía. Este dato se puede colocar en grados o simplemente reportar en campo la longitud de un lado del triángulo cuya hipotenusa es la longitud de la tubería y en oficina encontrar el ángulo respectivo en grados.

Material de la tubería: Existen dos materiales comunes utilizados para la construcción de los ductos de una alcantarilla las cuales pueden ser en concreto o metálicas, en el caso que sea de otro material se debe marcar la casilla otra y especificar el tipo de material.

Parte 3: Formato para la captura "características del ducto"

Características del ducto	
Longitud (m):	<input type="text" value="9"/>
Angulo de esviaje (°):	<input type="text" value="0"/>
Material de la tubería	Concreto: <input checked="" type="checkbox"/>
	Metálica: <input type="checkbox"/>
	Otra: <input type="checkbox"/>
	Cual: <input type="text"/>

Fuente: (INVIAS, 2006)

Parte 4: Elementos de la alcantarilla

En esta parte del formato se deben marcar los elementos que componen la alcantarilla que se está inspeccionando, tanto en la estructura de entrada como la de salida, y también si existen estructuras de conducción en las zonas aledañas que descarguen o evacuen las aguas a la alcantarilla (Encole o descole).

Parte 4: Formato para la captura “Elementos de la alcantarilla”

Elementos de la alcantarilla		
	Entrada	Salida
Estructura de conducción: (Encole-Descole)		✓
Muro cabezal:	✓	✓
Guardaruedas:	✓	✓
Aletas	✓	✓
Muro de acompañamiento:		
Poceta o lavadero:	✓	
Solado:	✓	✓

Fuente: INVIAS (2006)

Parte 5: Dimensiones de los elementos

Se deben especificar las dimensiones de cada uno de los siguientes elementos:

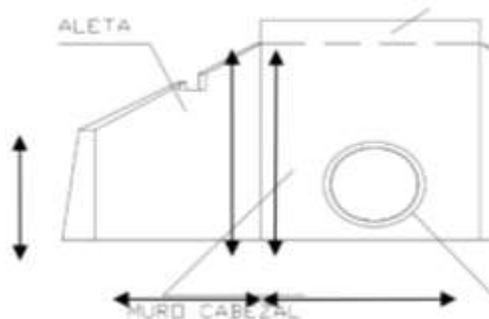
- ✓ Encole: si existe esta estructura se debe reportar la longitud y la sección en metros, si hace parte de las metas físicas del contrato, se debe realizar una inspección rigurosa a todos los elementos y zona aledañas.
- ✓ Muro cabezal: los datos solicitados en esta casilla son la longitud, espesor y altura del muro en metros (Ver Figura 15).
- ✓ Aletas: para esta estructura se debe conocer la longitud y la altura inicial y final del muro en metros (Ver Figura 15).
- ✓ Muro de acompañamiento: esta estructura no es muy común, sin embargo, en el caso que se encuentre se debe especificar la longitud y el espesor en metros.

- ✓ Poceta: se debe reportar la altura, el ancho y el largo de la base en metros.
- ✓ Solado: en este componente de la alcantarilla no es necesario reportar ninguna dimensión.
- ✓ Ductos: los datos referentes a este elemento ya se encuentran consignados en casillas anteriores, por tal motivo, en esta sección no se reporta ninguna dimensión.

Para la estructura de salida de la alcantarilla se debe realizar el mismo reporte descrito anteriormente para cada uno de los elementos que lo constituyen, si existe estructura de descole se realizará las mismas mediciones que para el encole.

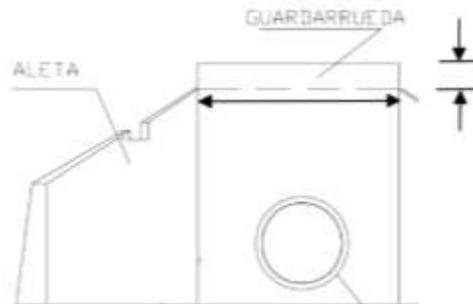
Igualmente, se reportan las dimensiones de los elementos que presentan algún tipo de daño o que requieren mantenimiento. Para los elementos que se encuentren en buen estado no es necesario llenar esta parte.

Figura 14. *Reporte de dimensiones para muro cabezal y aletas*



Fuente: (INVIAS, 2006)

Figura 15. *Reporte de dimensiones para guardarruedas*



Fuente: (INVIAS, 2006)

Parte 6: Registro de daños y cuantificación

Se deben reportar los diferentes daños con sus respectivas dimensiones en el elemento que corresponda de la siguiente manera: Para el caso de encontrar algún daño en determinado elemento de la alcantarilla, se colocarán en estos campos las características, las dimensiones, etc. de los mismos. Para explicar estos campos se tomará como ejemplo la presencia de grietas en algún elemento de la alcantarilla.

- ✓ En la primera parte, relacionada con el registro de daños se debe colocar la cantidad de grietas, la abertura, la longitud y la profundidad, si es posible. También se debe especificar la dirección de la grieta (vertical, horizontal o diagonal) y las características particulares de cada uno de los elementos que hacen parte de la alcantarilla en su respectiva fila.
- ✓ En la segunda parte, relacionada con la cuantificación de los daños, se debe colocar la cantidad y la unidad de medida para la reparación del daño, utilizando el sistema internacional de unidades. Esto debido a que en algunos casos el área dañada no es igual al área de reparación, como por ejemplo cuando existen varias grietas acumuladas en la misma zona se debe realizar una intervención de toda el área y no la intervención individual de cada una de las grietas.
- ✓ En la tercera parte es importante llevar un registro fotográfico de los daños encontrados, para lo cual se ha dispuesto esta casilla, en la que se debe registrar el número de la(s) fotografía(s) correspondiente(s) al daño reportado en cada uno de los elementos de la alcantarilla. También se deben utilizar para reportar alguna particularidad o simplemente para mostrar una vista general de una estructura que se encuentre en buen estado.

En estos campos se reportan los elementos que presentan algún tipo de daño o que requieren mantenimiento, para los elementos que se encuentren en buen estado no es necesario llenar esta parte.

Parte 5 y 6: Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

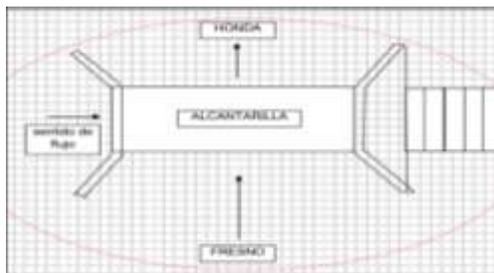
Elementos		Registro de daños		Cuantifica		Fot N°
				Cant	Unid	
Encole:						
ESTRUCTURA DE ENTRADA	Muro cabezal:	Espesor: 0,2 m	Grieta vertical con un espesor de 1 mm, profundidad 3 mm, longitud 2 m.	2	m	3 a 5
	Longitud: 2 m	Altura: 3 m				
	Guardaruedas:	Espesor: 0,2 m	Desportillamiento de 0,3m2 causado por el golpe de un vehículo.	0,3	m2	6
	Longitud: 2 m	Altura: 0,2 m				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
	Muro de acompañamiento:					
	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Altura:					
Ancho:	Largo:					
Solado:						
DUCTO(S):	Fractura de una sección de tubería con una longitud de 2m.			1	tub	7 y 8
ESTRUCTURA DE SALIDA	Muro cabezal:	Espesor:	Se presenta una grieta de 2mm de espesor, profundidad 5mm y una longitud de 1m.	1	m	9
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial 1,5 m				
	Longitud: 2 m	Altura final: 2,0 m				
	Muro de acompañamiento:					
	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Altura:					
Ancho:	Largo:					
Solado:						
Descole:	Estructura de disipación que consta de 5 escalones y evacua el agua al terreno natural, se observa socavación del terreno					

Fuente: INVIAS (2006)

Parte 7: Esquemas

Se deben realizar esquemas que indiquen claramente la ubicación de la alcantarilla respecto a la vía, el sentido del flujo de agua, etc. para lo cual se puede utilizar una vista en planta. Si se considera necesario realizar un perfil de la estructura de entrada o de salida para especificar una sección o algo particular se debe colocar en este espacio.

Parte 7: Esquemas



Fuente: INVIAS (2006)

Parte 8 – Observaciones

Este espacio se ha dispuesto para registrar cualquier información adicional que el Ingeniero considere importante y que no sea posible consignar en el formato, tal como problemas generalizados en el pavimento aledaño, problemas en las zonas aledañas (movimientos en masa, socavación, etc.), falta de estructuras que garanticen la estabilidad de las obras y/o de la zona, características especiales del terreno, información de los habitantes, etc.

Observaciones = A 5 metros de la alcantarilla costado de la ciudad de Fresno se presenta un deslizamiento que puede generar una obstrucción en la estructura que se está revisando, se recomienda hacerle un seguimiento a esta zona con el fin de proyectar las obras necesarias.

Fuente: INVIAS (2006)

Figura 16. Formato para el levantamiento de daños en alcantarilla

Hoja de

Tipo de alcantarilla
 Tubería Simple
 Diámetro Doble

Elementos de la alcantarilla
 Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Características del ducto
 Longitud (m)
 Material

Entrada

Salida

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños		Cuantifica		Fot	Esquema
				Cant	Unid	Nº	
Encole:							
Estructura de entrada	Muro cabezal: Espesor:						
	Longitud: Altura:						
	Guardaruedas: Espesor:						
	Longitud: Altura:						
	Aletas: Altura inicial:						
	Longitud: Altura final:						
	Muro de acompañamiento:						
Longitud: Espesor:							
Poceta: Altura:							
Ancho: Largo:							
Solado:							
Ducto:							
Estructura de salida	Muro cabezal: Espesor:						
	Longitud: Altura:						
	Guardaruedas: Espesor:						
	Longitud: Altura:						
	Aletas: Altura inicial:						
	Longitud: Altura final:						
	Muro de acompañamiento:						
Longitud: Espesor:							
Poceta: Altura:							
Ancho: Largo:							
Solado:							
Descole:							

Observación:

Fuente: INVIAS (2006)

CAPITULO III
APLICACIÓN PRACTICA

CAPITULO III

APLICACIÓN PRACTICA

3.1 Características generales de la zona de estudio

3.1.1 Ubicación

El camino asfaltado Ircalaya- El Puente- la Verdiguera, se encuentra ubicado en el departamento de Tarija, provincia de Eustaquio Méndez, municipio El Puente. El estudio se realizó del km 0+000 al km 10+000 del camino Septapas-Animas.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1 Materiales.

- ✓ Libreta de campo
- ✓ Material de escritorio
- a) Equipos
 - ✓ Computadora
 - ✓ Impresora laser
 - ✓ GPS.
 - ✓ Cámara fotográfica
- b) Software
 - ✓ AutoCAD
 - ✓ Civil 3D
 - ✓ Microsoft office
 - ✓ Google Earth
 - ✓ Global Mapper

3.3 Metodología aplicada en la recolección y procesamiento de datos

3.3.1 Recopilación de información básica

Se utilizó la siguiente información para

3.3.1.1 Información cartográfica

Para la delimitación de las microcuencas se usó el programa Google Earth

3.3.1.2 Información topográfica

Para encontrar la pendiente de las alcantarillas y de las cunetas se usó la nivelación con manguera o también llamadas vasos comunicantes el cual cuando el líquido está en reposo alcanza el mismo nivel comprobando siempre que no haya burbujas de aire. Es una herramienta muy útil y económica usado desde la época de la Antigua Roma.

3.3.1.3 Información hidrológica

La información hidrológica fue obtenida de la estación hidrológica “El Puente” ubicada a una altitud de 2345 msnm, Latitud -21,2381, Longitud -65,2061 con un periodo de registro desde 1945 a 2020.

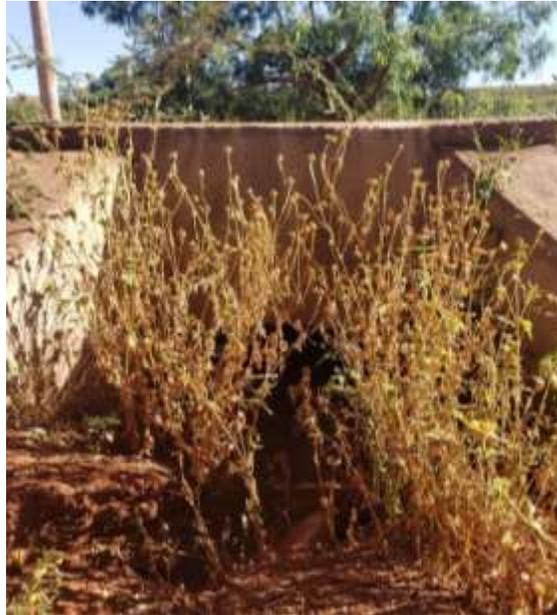
3.4 Trabajo de campo

3.4.1 Alcantarillas analizadas

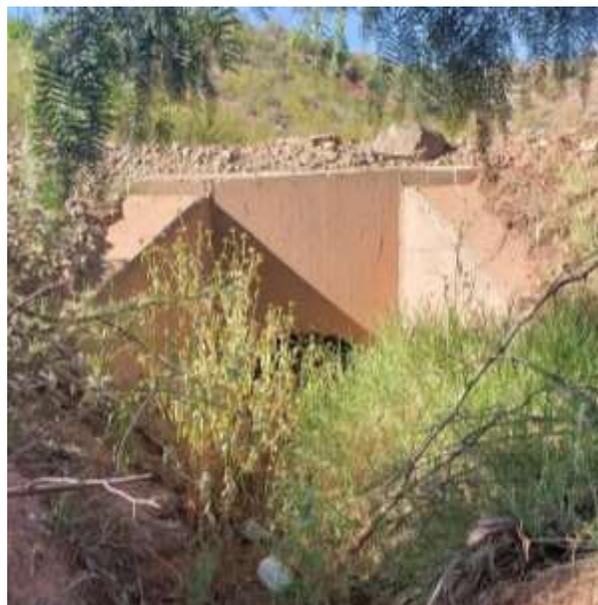
ALCANTARILLA N° 1

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 0+595 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 2

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 0+947 la cual cuenta con una microcuenca de aporte muy pequeña. Cuenta con poceta o lavadero en la entrada y en la salida muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla.



Salida de la alcantarilla.



ALCANTARILLA N° 3

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 1+447 la cual cuenta con una microcuenca de aporte considerable. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla.



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 4

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 1+608 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Cuenta con poceta o lavadero en la entrada y en la salida muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 5

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 1+726 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla.



ALCANTARILLA N° 6

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 2+399 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



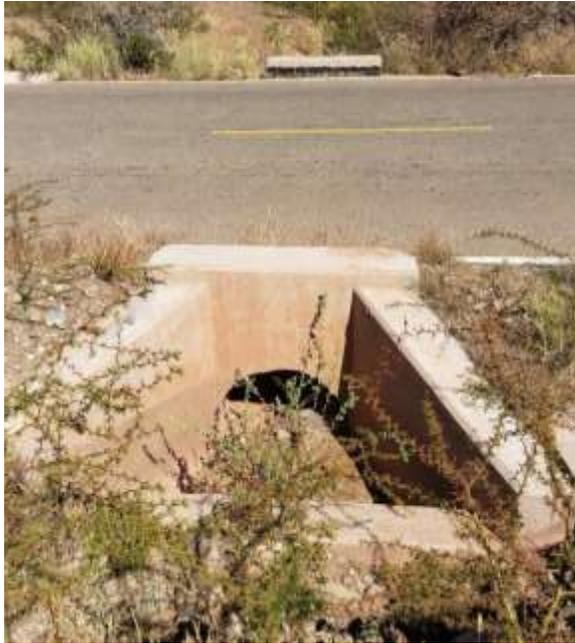
Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 7

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 2+496 la cual cuenta con una microcuenca de aporte muy pequeña. Cuenta con poceta o lavadero en la entrada y en la salida muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



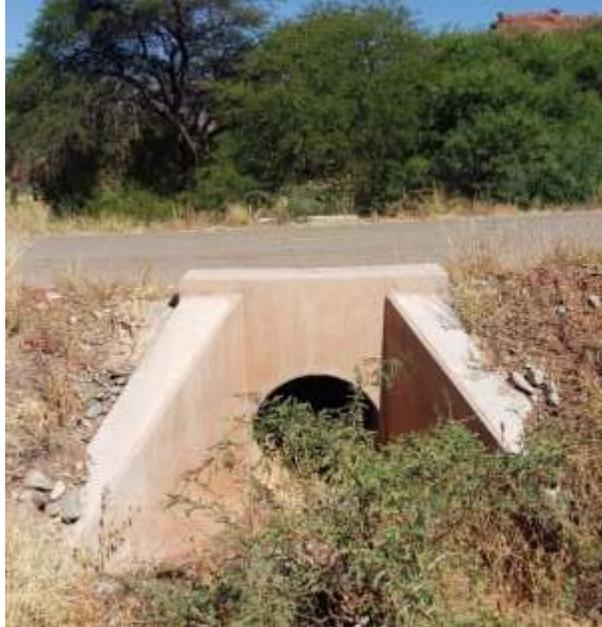
Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 8

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 2+761 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 9

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 2+926 totalmente colmatada, cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 10

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 2+980 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 11

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 3+610 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón. La entrada está totalmente colmatada.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 12

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 3+706 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 13

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 3+860 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 14

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 4+083 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 15

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 4+436 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 16

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 4+604 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de alcantarilla



ALCANTARILLA N° 17

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 4+783 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada y salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 18

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 4+875 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 19

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 5+031 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 20

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 5+185 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 21

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 5+219 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 22

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 5+596 la cual cuenta con una microcuenca de aporte muy pequeña. Cuenta con poceta o lavadero en la entrada y en la salida muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 23

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 6+076 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 24

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 6+157 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 25

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 6+311 la cual cuenta con una microcuenca de aporte considerable. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



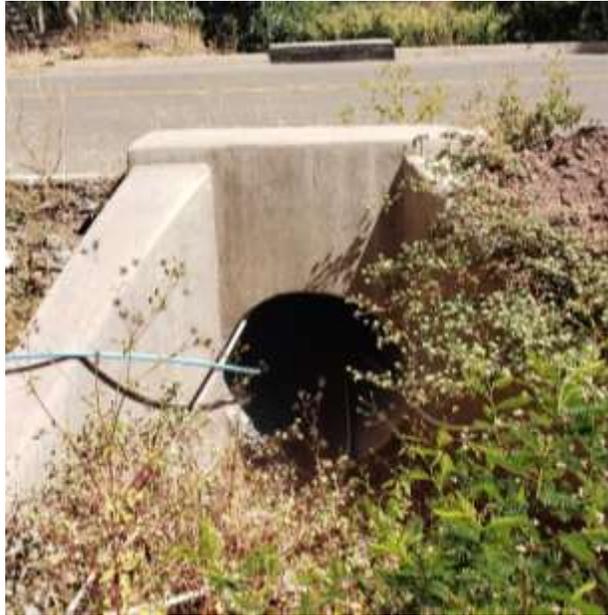
Entrada de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 26

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 6+421 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



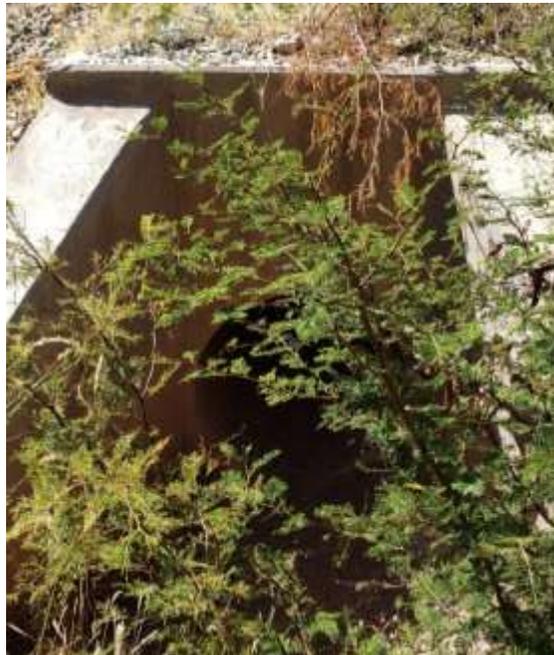
ALCANTARILLA N° 27

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 6+613 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 28

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 6+742 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 29

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 6+936 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 30

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 7+320 la cual cuenta con una microcuenca de aporte muy pequeña. Cuenta con poceta o lavadero en la entrada y en la salida cuenta con una estructura de disipación de energía para evitar la socavación.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



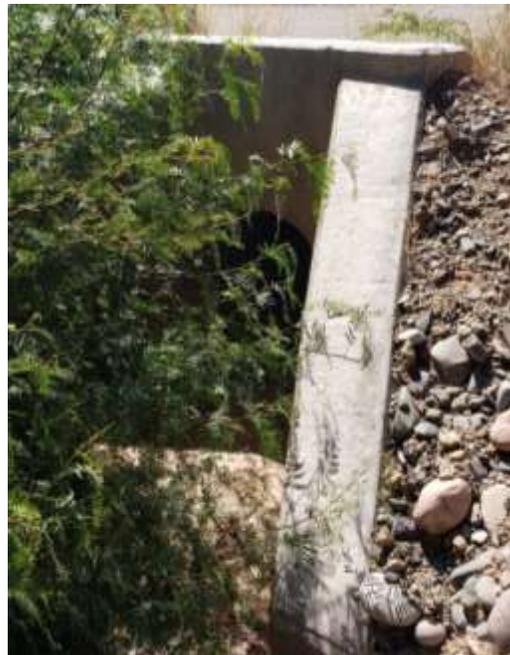
ALCANTARILLA N° 31

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 7+768 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 32

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 8+039 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



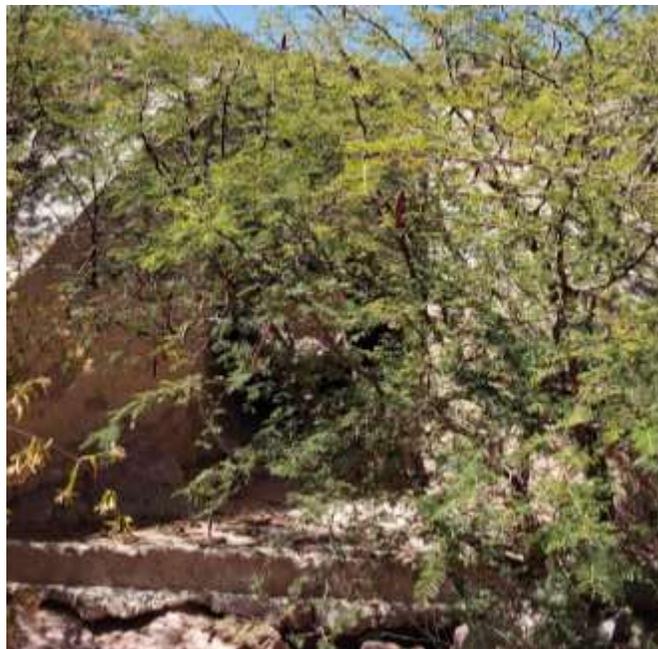
ALCANTARILLA N° 33

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 8+126 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 34

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 8+472 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 35

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 8+729 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón. La entrada y la salida están totalmente colmatadas.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 36

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 8+811 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 37

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 9+027 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 38

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 9+102 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón. Tanto la entrada como la salida se encuentran totalmente colmatada.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 39

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 9+223 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón. Tanto la entrada como la salida se encuentran totalmente colmatada

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 40

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 9+717 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. Tanto en la entrada como en la salida cuenta con muro cabezal con alas de hormigón

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



ALCANTARILLA N° 41

Alcantarilla de alivio ubicada en la progresiva 9+856 la cual cuenta con una microcuenca de aporte pequeña. La entrada está totalmente colmatada, la salida cuenta con muro cabezal y alas de hormigón.

Entrada de la alcantarilla



Salida de la alcantarilla



3.5 Estación pluviométrica “El Puente”

Tabla 16. Precipitación máxima en 24 horas (mm)

ESTACIÓN: EL PUENTE LAT. SUD 21° 15' 00"
 PROVINCIA: MÉNDEZ LONG. W 65° 12' 00"
 DEPARTAMENTO: TARIJA ALTITUD 2345 msnm

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Pmax
1945			18,5	0								8	18,5
1946	5	8	10	5	0	2	0	0	1	10	2	2	10
1947	8	5	4	0	0	0	0	0	0	2	3	3	8
1948	5	10	5				0	0					10
1953	5	4	6	5	0	0	0	0	5	4	10	4	10
1954	11,4	14,6	10,4	11,6	0	0	0	0	0	5	6	8	14,6
1955	4,3	12,3	8,3	6,2	0	0	0	0	0	0	3	5	12,3
1956	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	20	20
1957	18	14	2	4	0	0	0	0	0	0	4		18
1958						0	0	0	0	8	0	14	14
1959	3	14	2	1	0	0	0	0	0	4			14
1960	15	0				0	0	0	5	4	0	8	15
1961	0	12	10	1	0	0	0	0	0	8	1	10	12
1962	3	4	3	1	4	0	0	0	0	0	12	8	12
1963	10	19,3	10	0	0	0	0	0	0	1		4	19,3
1964	6	6	10	10	0	0	0	0		0	0	6	10
1965	8	8	8	0	0	0	0	0	4			10	10
1966	1	10	4	0	0	0	0	0	0	4	10	11	11
1967	2	8	12,5	0	0	0	0	0	1	4	5	5	12,5
1968	10	9	8	0	0	0	0	0	0	6	6	17	17
1969	10	40	5	5	0	0	0	0	0	3	12	17	40
1970	20,3	3,8	26	6	0	0	0	0	0	25	0	32,5	32,5
1971	32	32,5	0	0	0	0	0	0	0	5	36	18,5	36
1972	13,6	13,3	21,6	3,4	2	13	0	0	5	14,5	33	39,5	39,5
1973	24,3	9,5	14,6	0	4,2	0	0	0	0	0	8,5	9,3	24,3
1974	20	20,5	12,8	17,8	0	0	0	0	0	1,5	3,8	14,3	20,5
1975	30,5	19,5	50,1	4,8	3,7	0	0	0	4	5,9	19,5	8,5	50,1
1976	12	6	14,5	0	1,6	0	0	16,5	9,3	2,5	19	11	19
1977	18,8	20	17	0	0	0	0	0	0	14	29,5	16,3	29,5
1978	31	25,8	11,5	0	0	0	0	0	1,7	6,8	10,6	12,6	31
1979	18,2	6,8	15,8	0	0	0	4	0	0	6,5	19	33,3	33,3
1980	18,2	20,2	4,3	6,1	0	0	0	0	0	16,8	0	20	20,2
1981	20	27,6	22,8	21,6	0	0	0	0	0	19,3	8,2	11,8	27,6
1982	29	12,4	31,5	3,8	2	0				3,5	18,3	17	31,5
1983	14,3	63	0,1	13,5	0	0	0,1	0	14	9	0,1	6	63
1984	18	17	34,5	0	0	0	0	6		16	12	26	34,5
1985	15	26	24,3	7	0	5	0	10	0	4	18	25	26
1986	11	0	14	0	0	0	0	0	12	21	24	14	24
1987	25	26	0	0	0	0	0	0	10	11	21	17	26
2004	18,7	12	12,5	3,9	0	0	0	0,2	3,9	2	5	9	18,7
2005	14,3	27,5	8,3	23,3	0	0	0	0	2,3	1,3	2,2	16,4	27,5
2006	22,3	19,2	17,2	5,8	0	0	0	0	0	9,7	11,2	21,9	22,3

2007	42,6	8,7	57,6	0,9	0	0	0	0	0	19,5	6,9	28	57,6
2008	19,4	17	17,5										19,4
2009	36	21,4	28,5				0	0	2,1	0,4		20,7	36
2010	15,4	28,1	4	0	6,7	0	0	0	0	0,5	0,7	29,3	29,3
2011	3	8											8
2012		18,6	36	10,8	0	0	0	0	0,9	14,9	8,5	26,1	36
2013	18	44,2	14	0	2	0	0	8,1	0	19,6	8,6	29,8	44,2
2014	32	25,9	5	7,9	0	0	0	0	0	11	28	11,5	32
2015	42	40	12,3										42
2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,4	6,4
2017	17,6	6,4	11,8	1	0	0	0	0	6,4	1,6	5,8	3	17,6
2018	21,6	25,6	4,6	3,8	0	0	0	0	1,6	2,6	13	33,2	33,2
2019	36,4	12,2	14,4	12	10,2	0	0	0	0	0	0	0	36,4
2020	0,4	10	69,6	0	0	0	0	0	35,4	2,2	3,2	0	69,6
2021	0,8	0,4	2,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2

Fuente: Senamhi

3.6 Calculo hidrológico

Tabla 17. Precipitaciones máximas en 24 horas

Año	El Puente
1945	18,5
1946	10,0
1948	10,0
1953	10,0
1954	14,6
1955	12,3
1956	20,0
1957	18,0
1958	14,0
1959	14,0
1960	15,0
1961	12,0
1962	12,0
1963	19,3
1964	10,0
1965	10,0
1966	11,0
1967	12,5
1968	17,0
1969	40,0
1970	32,5
1971	36,0
1972	39,5
1973	24,3
1974	20,5
1975	50,1

1976	19,0
1977	29,5
1978	31,0
1979	33,3
1980	20,2
1981	27,6
1982	31,5
1983	63,0
1984	34,5
1985	26,0
1986	24,0
1987	26,0
2004	18,7
2005	27,5
2006	22,3
2007	57,6
2008	19,4
2009	36,0
2010	29,3
2012	36,0
2013	44,2
2014	32,0
2015	42,0
2017	17,6
2018	33,2
2019	36,4
2020	69,6

# Datos	53
Media (hd)	26,24
Desv. (Sd)	13,83
Moda (Ed)	20,01
Carac. (Kd)	1,241

$Ed = hd - 0,45 Sd$
$Kd = Sd / (0,557 * Ed)$

Fuente: Elaboración propia

MODA Y CARACTERÍSTICA PONDERADA

Moda: $Edp = 20,012$
Característica: $Kdp = 1,241$

Altura de lluvias máximas diarias para distintos periodos de retorno:

De acuerdo a la experiencia, las lluvias máximas registradas en una estación, se distribuyen de acuerdo a una ley cuyo mejor ajuste se obtiene con la ley de Gumbell.

$$h_{dT} = E_d * (1 + K_d * \log (T))$$

Tabla 18. *Altura de lluvias máximas*

Periodo de retorno (años)	hdT (mm)	Probabilidad
5	37,37	0,200
10	44,84	0,100
25	54,72	0,040
50	62,20	0,020
100	69,68	0,010
150	74,05	0,007
200	77,15	0,005
300	81,52	0,003
500	87,03	0,002

Fuente: Elaboración propia

LLUVIAS MÁXIMAS DIARIAS PARA UN PERIODO DE RETORNO DE T AÑOS

$$ht_T = Edp * \left(\frac{t}{a}\right)^B * (1 + Kdp * \log (T))$$

Ley de Gumbell Modificada:

Donde

htT= Altura de lluvia máxima en un determinado tiempo.

T= Periodo de retorno en años.

B= Característica hidrológica fisiológica de la cuenca.

a= Tiempo de duración máxima para una lluvia en esa cuenca.

Edp= Moda.

Kdp= Característica.

Altura de lluvias menores a la diaria:

$$h_{(t,T)} = h_{(d,T)} \cdot \left(\frac{t}{a}\right)^b$$

Se considera que la lluvia diaria es igual a la lluvia de 12 horas. Para tiempos menores a 2 horas se utilizar (B=0.2) y para tiempos mayores (B=0.3).

a: Equivalente de lluvia diaria (para cuencas menores a 20 km² posee un valor igual a 2, y para cuencas mayores a 20 km² posee un valor de 12)

a= 2 Duración de lluvia máxima característica

b= 0.2 Entre 0.2 a 0.3

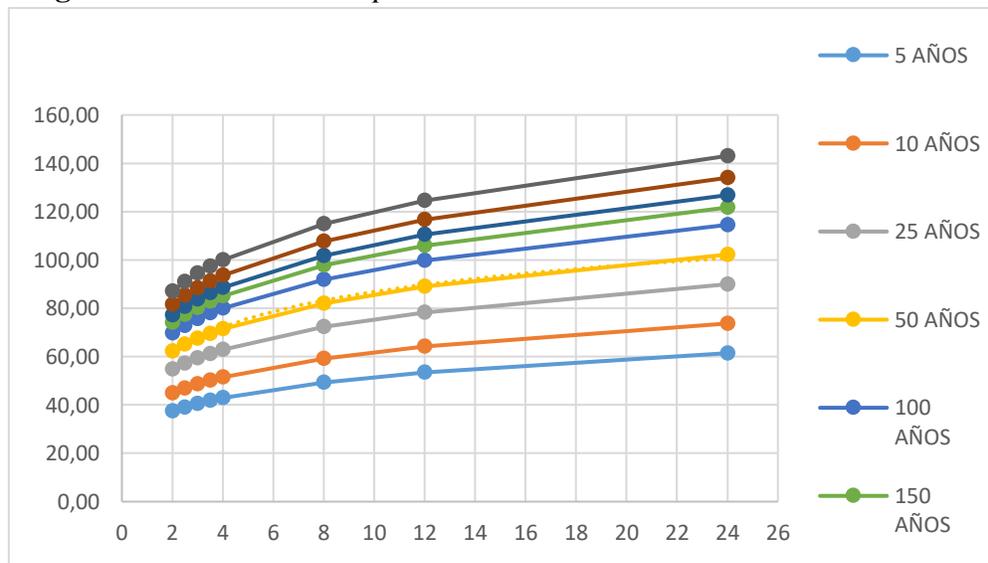
Altura de lluvia máxima horaria en (mm)

Tabla 19. Precipitaciones máximas para periodos de duración mayores a 2 horas

Periodo de retorno T(años)	Periodos de duración de lluvias en horas (t)							
	2,00 hrs	2,50 hrs	3,00 hrs	3,50 hrs	4,00 hrs	8,00 hrs	12,00 hrs	24,00 hrs
5	37,37	39,07	40,52	41,79	42,93	49,31	53,47	61,42
10	44,84	46,89	48,63	50,15	51,51	59,17	64,17	73,71
25	54,72	57,22	59,35	61,21	62,86	72,21	78,31	89,95
50	62,20	65,04	67,45	69,57	71,45	82,07	89,01	102,24
100	69,68	72,86	75,56	77,93	80,04	91,94	99,70	114,53
150	74,05	77,43	80,30	82,82	85,06	97,71	105,96	121,72
200	77,15	80,67	83,67	86,29	88,62	101,80	110,40	126,82
300	81,52	85,24	88,41	91,18	93,65	107,57	116,66	134,00
500	87,03	91,00	94,38	97,34	99,97	114,84	124,54	143,06

Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Curva Precipitación-Duración-Periodo de retorno



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20. Precipitaciones máximas para periodos de duración menores a 2 horas

Periodo de retorno T(años)	0,17 hrs	0,50 hrs	0,75 hrs	1,00 hrs	1,25 hrs	1,50 hrs	1,75 hrs	2,00 hrs
5	5,7	13,1	17,8	22,1	26,2	30,1	33,8	37,37
10	6,2	14,9	20,6	25,9	30,9	35,7	40,3	44,84
25	6,9	17,2	24,1	30,7	36,9	43,0	48,9	54,72
50	7,3	18,8	26,7	34,2	41,5	48,5	55,4	62,20
100	7,7	20,4	29,2	37,7	45,9	54,0	61,9	69,68
150	7,9	21,3	30,7	39,7	48,5	57,2	65,7	74,05
200	8,1	21,9	31,7	41,1	50,4	59,4	68,3	77,15
300	8,3	22,8	33,1	43,1	52,9	62,6	72,1	81,52
500	8,6	23,9	34,9	45,6	56,1	66,5	76,8	87,03

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21. Intensidades para periodos de duración mayores a 2 horas

Periodo de retorno T(años)	2,00 hrs	2,50 hrs	3,00 hrs	3,50 hrs	4,00 hrs	8,00 hrs	12,00 hrs	24,00 hrs
5	18,68	15,63	13,51	11,94	10,73	6,16	4,46	2,56
10	22,42	18,76	16,21	14,33	12,88	7,40	5,35	3,07
25	27,36	22,89	19,78	17,49	15,72	9,03	6,53	3,75
50	31,10	26,02	22,48	19,88	17,86	10,26	7,42	4,26
100	34,84	29,14	25,19	22,26	20,01	11,49	8,31	4,77
150	37,02	30,97	26,77	23,66	21,26	12,21	8,83	5,07
200	38,58	32,27	27,89	24,65	22,16	12,73	9,20	5,28
300	40,76	34,10	29,47	26,05	23,41	13,45	9,72	5,58
500	43,52	36,40	31,46	27,81	24,99	14,35	10,38	5,96

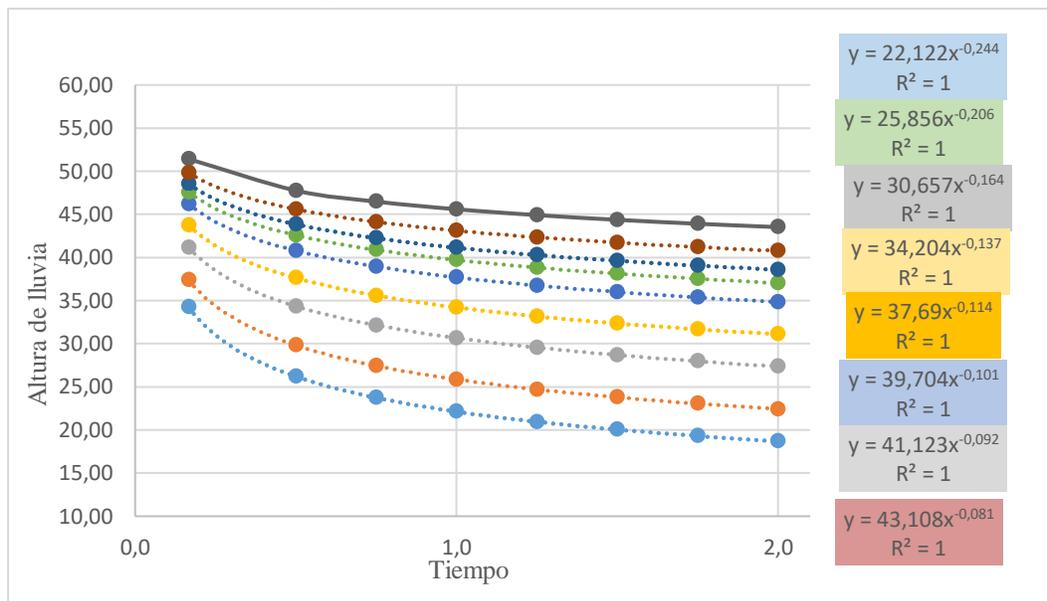
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. Intensidades para periodos de duración menores a 2 horas

Periodo de retorno T(años)	0,17 hrs	0,50 hrs	0,75 hrs	1,00 hrs	1,25 hrs	1,50 hrs	1,75 hrs	2,00 hrs
5	34,23	26,19	23,73	22,12	20,95	20,04	19,30	18,68
10	37,37	29,82	27,43	25,86	24,70	23,79	23,05	22,42
25	41,13	34,35	32,14	30,66	29,56	28,68	27,97	27,36
50	43,74	37,62	35,58	34,20	33,17	32,35	31,68	31,10
100	46,20	40,78	38,94	37,69	36,75	35,99	35,37	34,84
150	47,57	42,58	40,87	39,70	38,82	38,11	37,53	37,02
200	48,52	43,84	42,23	41,12	40,28	39,61	39,05	38,58
300	49,82	45,59	44,12	43,11	42,34	41,72	41,20	40,76
500	51,41	47,76	46,48	45,59	44,91	44,36	43,91	43,52

Fuente: Elaboración Propia

Figura 18. Curvas I-D-T



Fuente: Elaboración Propia

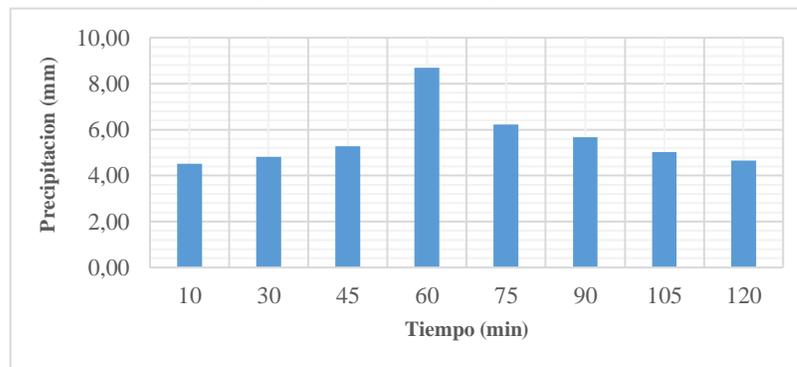
Tabla 23. Tormenta de diseño "Hietograma"

Periodo de Retorno	T	10	años
Intervalo de Tiempo	Δt	15	min

t (min)	10	30	45	60	75	90	105	120
Intensidad (mm/h)	37,37	29,82	27,43	25,86	24,70	23,79	23,05	22,42
Precipitación (mm)	6,23	14,91	20,57	25,86	30,87	35,68	40,33	44,84
Precipitación	6,23	8,68	5,67	5,28	5,01	4,81	4,65	4,51
Hietograma	4,51	4,81	5,28	8,68	6,23	5,67	5,01	4,65

Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Hietograma



Fuente: Elaboración Propia

3.6.1 Calculo de caudal máximo “Alcantarillas”

Alcantarilla N°: 1

Progresiva: 0+595

Datos:

Área de la Cuenca	A =	<input type="text" value="0,0484"/>	Km ²
Longitud del rio o curso principal	L =	<input type="text" value="0,199"/>	Km
Pendiente media del rio	J =	<input type="text" value="0,1960"/>	m/m
Cota Max		2391	
Cota min		2352	
Desnivel Máximo del curso de agua más largo	H =	<input type="text" value="39,00"/>	m

Formula de Giandotti

$$Tc = \frac{4\sqrt{A} + 1,5 * L}{25,3 * J * L}$$

Áreas menores a 10 km²

Tc =	1,19	hrs
------	------	-----

Formula Californiana

$$Tc = 0,066 * \left(\frac{L}{\sqrt{J}}\right)^{0,77}$$

Tc =	0,04	hrs
------	------	-----

Formula Ventura y Heras

$$Tc = 0,05 * \left(\frac{A}{\sqrt{J}}\right)$$

Tc =	0,005	hrs
------	-------	-----

Formula Chereque

$$tc = \left(0,871 * \frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

Tc =	0,04	hrs
------	------	-----

Formula de Kirpich

tc =	<input type="text" value=""/>	hr
L =	<input type="text" value="199,00"/>	m
S =	<input type="text" value="0,20"/>	m/m

Cuencas Pequeñas

$$tc = \left(0,00325 * \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}}\right)$$

Tc =	0,04	hrs
------	------	-----

ANÁLISIS:

Promedio:

Tc =	0,04	Hrs.
------	------	------

2,1

Tc= 10,0 min

Intensidad media de la cuenca: 43,72 mm

Factores de pendiente para microcuencas rurales

Tipo C1	H pendiente		M pendiente		L pendiente	
S(M/M)	0,050	0,5	0,005	0,05	<	0,005
C1	0,35	1	0,2	0,35	<	0,2

H pendiente

	0,05	0,35
C1	0,1960	0,5609
	0,5	1

Factores de área

Área (km ²)	Pequeñas		Medianas		Grandes	
	0	10	10	25	25	200
C2	1	0,93	0,93	0,85	0,85	0,5

Pequeñas

	0	1
C2	0,0484	0,9997
	10	0,93

Factores de suelo

Tipo de suelo	Impermeable		Semipermeable	
C3	0,9	1	0,6	0,9

C3 **0,75**

Coefficiente de escorrentía:

$$C = 0,420502$$

Coefficiente de uniformidad:

$$CU = 1 + \frac{tc^{1,25}}{tc^{1,25} + 14}$$

$$CU = 1,004$$

Caudal de diseño:

$$Q = \frac{CIA}{3,6} * CU$$

$$Q = 0,247 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de caudal máximo alcantarillas

Cu=1,004

Tabla 24. Caudal máximo alcantarillas

N°	Prog	Área	Cmin	Cmax	Long	J	H	Giandotti	California	Ventura	Chereque	Kirpich	Tc	Tc	Tc	C	I	Q
		(m2)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m)						(hr)	(min)	(min)		(mm/hr)	(m3/s)
1	0+595	48375	2352	2391	199	0,20	39	1,19	0,04	0,005	0,04	0,04	0,04	2,1	10,0	0,42	43,72	0,25
2	0+947	4601	2360	2370	70	0,14	10	1,49	0,02	0,001	0,02	0,02	0,02	1,1	10,0	0,36	43,72	0,02
3	1+447	592782	2350	2390	703	0,06	40	4,09	0,15	0,124	0,15	0,15	0,15	9,1	10,0	0,27	43,72	1,94
4	1+608	25966	2360	2415	195	0,28	55	0,67	0,03	0,002	0,03	0,03	0,03	1,8	10,0	0,51	43,72	0,16
5	1+726	102347	2358	2439	297	0,27	81	0,84	0,04	0,010	0,04	0,04	0,04	2,6	10,0	0,50	43,72	0,63
6	2+399	129135	2360	2401	341	0,12	41	1,88	0,07	0,019	0,07	0,07	0,07	3,9	10,0	0,34	43,72	0,53
7	2+496	7957	2358	2365	90	0,08	7	2,78	0,03	0,001	0,03	0,03	0,03	1,7	10,0	0,29	43,72	0,03
8	2+761	113518	2358	2392	335	0,10	34	2,15	0,07	0,018	0,07	0,07	0,07	4,1	10,0	0,32	43,72	0,44
9	2+926	67500	2359	2395	420	0,09	36	1,83	0,09	0,012	0,09	0,09	0,09	5,2	10,0	0,30	43,72	0,25
10	2+980	14688	2359	2372	121	0,11	13	2,03	0,03	0,002	0,03	0,03	0,03	1,8	10,0	0,32	43,72	0,06
11	3+610	36271	2365	2376	124	0,09	11	3,41	0,03	0,006	0,03	0,03	0,03	2,0	10,0	0,30	43,72	0,13
12	3+706	19972	2359	2372	102	0,13	13	2,18	0,03	0,003	0,03	0,03	0,03	1,5	10,0	0,35	43,72	0,08
13	3+860	13319	2359	2367	68	0,12	8	2,78	0,02	0,002	0,02	0,02	0,02	1,1	10,0	0,34	43,72	0,05
14	4+083	50240	2364	2375	185	0,06	11	4,22	0,05	0,010	0,05	0,05	0,05	3,2	10,0	0,27	43,72	0,17
15	4+436	55726	2367	2425	343	0,17	58	0,99	0,06	0,007	0,06	0,06	0,06	3,5	10,0	0,42	43,72	0,28
16	4+604	73003	2366	2406	339	0,12	40	1,57	0,07	0,011	0,07	0,07	0,07	3,9	10,0	0,36	43,72	0,32
17	4+783	11161	2362	2366	54	0,07	4	4,98	0,02	0,002	0,02	0,02	0,02	1,1	10,0	0,31	43,72	0,04
18	4+875	65094	2363	2423	473	0,13	60	1,14	0,08	0,009	0,08	0,08	0,08	4,9	10,0	0,37	43,72	0,29
19	5+031	176400	2367	2399	505	0,06	32	3,01	0,11	0,035	0,11	0,11	0,11	6,8	10,0	0,30	43,72	0,63
20	5+185	126019	2367	2423	395	0,14	56	1,42	0,07	0,017	0,07	0,07	0,07	4,1	10,0	0,39	43,72	0,59
21	5+219	93279	2366	2380	261	0,05	14	4,55	0,07	0,020	0,07	0,07	0,07	4,4	10,0	0,27	43,72	0,30
22	5+596	10715	2365	2387	77,7	0,28	22	0,95	0,02	0,001	0,02	0,02	0,02	0,9	10,0	0,52	43,72	0,07
23	6+076	115122	2366	2408	444	0,09	42	1,90	0,09	0,019	0,09	0,09	0,09	5,3	10,0	0,31	43,72	0,44

24	6+157	49085	2365	2395	195	0,15	30	1,55	0,04	0,006	0,04	0,04	0,04	2,3	10,0	0,40	43,72	0,24
25	6+311	131111	2368	2475	487	0,22	107	0,80	0,07	0,014	0,07	0,07	0,07	4,1	10,0	0,48	43,72	0,76
26	6+421	37476	2368	2405	218	0,17	37	1,18	0,04	0,005	0,04	0,04	0,04	2,4	10,0	0,42	43,72	0,19
27	6+613	127273	2369	2420	404	0,13	51	1,58	0,07	0,018	0,07	0,07	0,07	4,4	10,0	0,41	43,72	0,64
28	6+742	80403	2368	2397	173	0,17	29	1,90	0,03	0,010	0,03	0,03	0,03	2,0	10,0	0,39	43,72	0,38
29	6+936	22148	2368	2379	109	0,10	11	2,73	0,03	0,003	0,03	0,03	0,03	1,7	10,0	0,32	43,72	0,09
30	7+320	8650	2375	2377	25	0,08	2	8,09	0,01	0,002	0,01	0,01	0,01	0,6	10,0	0,29	43,72	0,03
31	7+768	152940	2371	2440	438	0,16	69	1,27	0,07	0,019	0,07	0,07	0,07	4,3	10,0	0,45	43,72	0,85
32	8+039	119887	2378	2461	423	0,20	83	0,96	0,06	0,014	0,06	0,06	0,06	3,8	10,0	0,50	43,72	0,74
33	8+126	152430	2383	2463	429	0,19	80	1,09	0,07	0,018	0,07	0,07	0,07	4,0	10,0	0,49	43,72	0,91
34	8+472	101650	2392	2437	335	0,13	45	1,56	0,06	0,014	0,06	0,06	0,06	3,7	10,0	0,42	43,72	0,53
35	8+729	84707	2381	2413	174	0,18	32	1,76	0,03	0,010	0,03	0,03	0,03	2,0	10,0	0,49	43,72	0,50
36	8+811	63664	2374	2396	217	0,10	22	2,40	0,05	0,010	0,05	0,05	0,05	3,0	10,0	0,32	43,72	0,25
37	9+027	10223	2380	2396	90	0,18	16	1,33	0,02	0,001	0,02	0,02	0,02	1,2	10,0	0,40	43,72	0,05
38	9+102	4690	2383	2393	57	0,18	10	1,42	0,01	0,001	0,01	0,01	0,01	0,9	10,0	0,40	43,72	0,02
39	9+223	4365	2380	2387	44	0,16	7	1,86	0,01	0,001	0,01	0,01	0,01	0,7	10,0	0,38	43,72	0,02
40	9+717	95803	2382	2408	291	0,09	26	2,55	0,06	0,016	0,07	0,07	0,06	3,9	10,0	0,30	43,72	0,36
41	9+856	7211	2379	2388	52	0,17	9	1,83	0,01	0,001	0,01	0,01	0,01	0,8	10,0	0,40	43,72	0,03

Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Calculo de caudal máximo “Cunetas”

Tc=10 minutos

Periodo de retorno=10 años

Tabla 25. Caudal máximo cunetas

N°	Progresivas		Lado	L (m)	L(m)		I(mm/hr)	Ancho considerado		C		Caudal(m3/s)		Caudal Total(m3/s)	Descarga
	I (km)	F (km)			Entrega	Total		Ctra B1	Talud B2	Ctra C1	Talud C2	Ctra Q1	Talud Q2		
1	0+000	0+082	DCH	79	3	82	37,40	3,65	60	0,9	0,4	0,0028	0,0204	0,0232	
2	0+461	0+608	IZQ	152	0	152	37,40	3,65	50	0,9	0,4	0,0052	0,0316	0,0368	A1
3	0+610	0+838	IZQ	218	0	218	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0074	0,0634	0,0709	A1
4	0+852	0+943	IZQ	91	0	91	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0031	0,0265	0,0296	A2
5	0+945	1+081	IZQ	132	3	135	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0046	0,0393	0,0439	
6	0+970	1+081	DCH	106	5	111	37,40	3,65	50	0,9	0,4	0,0038	0,0231	0,0269	
7	1+491	1+607	DCH	116	2	118	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0040	0,0343	0,0384	A4-A3
8	1+608	1+712	DCH	105	0	105	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0036	0,0305	0,0341	A5-A3
9	2+050	2+228	DCH	178	0	178	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0061	0,0518	0,0579	A5-A3
10	2+070	2+218	IZQ	148	0	148	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0051	0,0431	0,0481	A3
11	2+430	2+485	IZQ	55	0	55	37,40	3,65	50	0,9	0,4	0,0019	0,0114	0,0133	A7
12	2+486	2+676	IZQ	183	0	183	37,40	3,65	50	0,9	0,4	0,0062	0,0380	0,0443	A8
13	2+499	2+561	DCH	60	5	65	37,40	3,65	50	0,9	0,4	0,0022	0,0135	0,0157	
14	2+791	2+924	IZQ	141	0	141	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0048	0,0410	0,0458	A8
15	3+015	3+114	IZQ	101	0	101	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0034	0,0294	0,0328	A10
16	3+351	3+460	IZQ	111	5	116	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0040	0,0337	0,0377	
17	3+387	3+440	DCH	52	3	55	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0019	0,0160	0,0179	
18	3+480	3+601	IZQ	118	2	120	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0041	0,0349	0,0390	A11
19	3+490	3+601	DCH	111	9	120	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0041	0,0349	0,0390	
20	3+720	3+862	IZQ	138	0	138	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0047	0,0401	0,0449	A13
21	3+863	4+040	IZQ	175	0	175	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0060	0,0509	0,0569	A13

22	4+149	4+225	IZQ	75	5	80	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0027	0,0233	0,0260	A14
23	5+060	5+170	IZQ	111	0	111	37,40	3,65	50	0,9	0,4	0,0038	0,0231	0,0269	A19
24	5+476	5+598	IZQ	115	0	115	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0039	0,0335	0,0374	A22
25	5+600	5+851	IZQ	252	0	252	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0086	0,0733	0,0819	A22
26	5+670	5+730	DCH	67	2	69	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0024	0,0201	0,0224	
27	6+190	6+270	IZQ	83	0	83	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0028	0,0241	0,0270	A24
28	6+440	6+580	IZQ	140	0	140	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0048	0,0407	0,0455	A26
29	6+950	7+040	IZQ	90	2	92	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0031	0,0268	0,0299	A29
30	7+212	7+315	DCH	103	2	105	37,40	3,65	50	0,9	0,4	0,0036	0,0218	0,0254	
31	7+316	7+375	DCH	59	0	59	37,40	3,65	50	0,9	0,4	0,0020	0,0123	0,0143	A30
32	7+917	8+033	IZQ	117	0	117	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0040	0,0340	0,0380	A31
33	8+034	8+124	IZQ	92	0	92	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0031	0,0268	0,0299	A32
34	8+125	8+468	IZQ	342	0	342	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0117	0,0995	0,1112	A33
35	8+469	8+598	IZQ	131	0	131	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0045	0,0381	0,0426	A35
36	8+500	8+600	DCH	100	6	106	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0036	0,0308	0,0345	
37	8+752	8+798	IZQ	48	0	48	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0016	0,0140	0,0156	A36
38	8+820	9+012	IZQ	194	0	194	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0066	0,0564	0,0631	A36
39	8+907	8+960	DCH	52	2	54	37,40	3,65	50	0,9	0,4	0,0018	0,0112	0,0131	
40	9+013	9+095	IZQ	79	0	79	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0027	0,0230	0,0257	A37
41	9+051	9+095	DCH	42	2	44	37,40	3,65	50	0,9	0,4	0,0015	0,0091	0,0106	
42	9+095	9+210	IZQ	113	0	113	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0039	0,0329	0,0367	A38
43	9+211	9+374	IZQ	164	0	164	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0056	0,0477	0,0533	A39/
44	9+215	9+245	DCH	29	2	31	37,40	3,65	50	0,9	0,4	0,0011	0,0064	0,0075	
45	9+622	9+682	IZQ	60	0	60	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0020	0,0175	0,0195	A40
46	6+622	9+681	DCH	59	0	59	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0020	0,0172	0,0192	
47	9+760	9+841	IZQ	82	0	82	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0028	0,0239	0,0267	A41
48	9+842	10+002	IZQ	155	0	155	37,40	3,65	70	0,9	0,4	0,0053	0,0451	0,0504	A41

Fuente: Elaboración propia

3.7 Calculo hidráulico

3.7.1 Calculo hidráulico Alcantarillas

Tabla 26. Dimensionamiento hidráulico actual "Alcantarillas"

n= 0,024 Metal corrugado ondulaciones estándar

Nº	Prog	D (m)	Q (m ³ /s)	Control de entrada		He Max (m)	He<He Max	Control de Salida					Tipo de Control	Velocidad Salida	Vel Max (m/s)	Verificación
				He/D	He(m)			H (m)	Tw (m)	hc (m)	(hc+D)/2=h (m)	He (m)				
					Ecuación			Ecuación	Altura Aguas abajo	Altura critica						
1	0+595	0,8	0,36	0,50	0,40	1,10	Cumple	0,08	0,23	0,36	0,58	0,24	Entrada	2,60	2,7	OK
2	0+947	0,8	0,05	0,19	0,15	1,10	Cumple	0,00	0,04	0,13	0,47	0,25	Entrada	1,20	2,7	OK
3	1+447	1,2	1,15	0,85	1,02	1,50	Cumple	0,15	0,21	0,58	0,89	0,66	Entrada	2,52	2,7	OK
4	1+608	0,8	0,20	0,36	0,29	1,10	Cumple	0,02	0,13	0,26	0,53	0,34	Entrada	1,76	2,7	OK
5	1+726	1,2	0,72	0,63	0,76	1,50	Cumple	0,05	0,15	0,46	0,83	0,69	Entrada	2,25	2,7	OK
6	2+399	0,9	0,53	0,61	0,55	1,20	Cumple	0,09	0,16	0,42	0,66	0,48	Entrada	2,33	2,7	OK
7	2+496	0,9	0,04	0,19	0,17	1,20	Cumple	0,00	0,05	0,11	0,51	0,31	Entrada	1,10	2,7	OK
8	2+761	0,9	0,48	0,58	0,52	1,20	Cumple	0,07	0,20	0,40	0,65	0,51	Entrada	2,26	2,7	OK
9	2+926	0,9	0,25	0,39	0,35	1,20	Cumple	0,02	0,22	0,29	0,59	0,52	Entrada	1,24	2,7	OK
10	2+980	0,9	0,09	0,24	0,21	1,20	Cumple	0,01	0,05	0,17	0,54	0,24	Entrada	1,41	2,7	OK
11	3+610	0,9	0,17	0,32	0,29	1,20	Cumple	0,02	0,08	0,24	0,57	0,33	Entrada	1,32	2,7	OK
12	3+706	0,8	0,08	0,23	0,19	1,10	Cumple	0,01	0,08	0,17	0,48	0,23	Entrada	1,29	2,7	OK
13	3+860	0,9	0,67	0,73	0,66	1,20	Cumple	0,12	0,07	0,48	0,69	0,68	Entrada	1,94	2,7	OK
14	4+083	0,9	0,19	0,34	0,31	1,20	Cumple	0,02	0,07	0,25	0,57	0,37	Entrada	1,30	2,7	OK
15	4+436	0,6	0,28	0,56	0,34	0,90	Cumple	0,17	0,12	0,34	0,47	0,40	Entrada	1,59	2,7	OK
16	4+604	0,6	0,32	0,63	0,38	0,90	Cumple	0,16	0,15	0,37	0,48	0,51	Entrada	1,63	2,7	OK
17	4+783	0,6	0,04	0,18	0,11	0,90	Cumple	0,00	0,05	0,13	0,36	0,27	Entrada	0,78	2,7	OK

18	4+875	0,6	0,29	0,57	0,34	0,90	Cumple	0,15	0,15	0,35	0,48	0,44	Entrada	1,77	2,7	OK
19	5+031	0,6	0,34	0,69	0,41	0,90	Cumple	0,20	0,24	0,38	0,49	0,50	Entrada	1,85	2,7	OK
20	5+185	0,9	0,59	0,66	0,60	1,20	Cumple	0,10	0,24	0,45	0,67	0,57	Entrada	2,35	2,7	OK
21	5+219	0,6	0,30	0,59	0,36	0,90	Cumple	0,16	0,13	0,36	0,48	0,37	Entrada	2,16	2,7	OK
22	5+596	0,6	0,19	0,39	0,24	0,90	Cumple	0,07	0,23	0,28	0,44	0,15	Entrada	2,38	2,7	OK
23	6+076	0,9	0,44	0,54	0,49	1,20	Cumple	0,06	0,45	0,39	0,64	0,59	Entrada	1,55	2,7	OK
24	6+157	0,9	0,27	0,41	0,37	1,20	Cumple	0,02	0,14	0,30	0,60	0,54	Entrada	1,24	2,7	OK
25	6+311	0,9	0,38	0,50	0,45	1,20	Cumple	0,04	0,18	0,36	0,63	0,54	Entrada	1,66	2,7	OK
26	6+421	0,9	0,24	0,38	0,34	1,20	Cumple	0,02	0,13	0,28	0,59	0,50	Entrada	1,42	2,7	OK
27	6+613	0,9	0,64	0,71	0,64	1,20	Cumple	0,12	0,24	0,47	0,68	0,66	Entrada	1,88	2,7	OK
28	6+742	0,9	0,38	0,50	0,45	1,20	Cumple	0,05	0,17	0,36	0,63	0,45	Entrada	2,12	2,7	OK
29	6+936	0,9	0,12	0,27	0,24	1,20	Cumple	0,01	0,08	0,20	0,55	0,38	Entrada	1,38	2,7	OK
30	7+320	0,9	0,05	0,11	0,10	1,20	Cumple	0,00	0,03	0,13	0,51	-1,52	Entrada	3,46	2,7	No Cumple
31	7+768	0,9	0,89	0,95	0,86	1,20	Cumple	0,21	0,30	0,56	0,73	0,76	Entrada	2,36	2,7	OK
32	8+039	0,9	0,77	0,75	0,67	1,20	Cumple	0,21	0,18	0,52	0,71	-0,84	Entrada	7,12	2,7	No Cumple
33	8+126	1,2	1,03	0,75	0,90	1,50	Cumple	0,10	0,22	0,55	0,88	0,16	Entrada	5,29	2,7	No Cumple
34	8+472	1	0,53	0,55	0,55	1,30	Cumple	0,06	0,11	0,41	0,71	0,19	Entrada	3,84	2,7	No Cumple
35	8+729	0,8	0,55	0,70	0,56	1,10	Cumple	0,18	0,53	0,45	0,62	0,54	Entrada	1,83	2,7	OK
36	8+811	0,9	0,33	0,45	0,40	1,20	Cumple	0,04	0,13	0,33	0,62	0,43	Entrada	2,11	2,7	OK
37	9+027	0,9	0,08	0,22	0,20	1,20	Cumple	0,00	0,06	0,16	0,53	0,36	Entrada	1,21	2,7	OK
38	9+102	0,9	0,06	0,20	0,18	1,20	Cumple	0,00	0,11	0,14	0,52	0,27	Entrada	1,40	2,7	OK
39	9+223	0,9	0,05	0,20	0,18	1,20	Cumple	0,00	0,05	0,13	0,51	0,38	Entrada	0,94	2,7	OK
40	9+717	1,2	0,38	0,44	0,52	1,50	Cumple	0,02	0,12	0,33	0,76	0,56	Entrada	2,11	2,7	OK
41	9+856	0,6	0,11	0,29	0,17	0,90	Cumple	0,03	0,16	0,21	0,41	0,19	Entrada	1,72	2,7	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Dimensionamiento hidráulico propuesto "alcantarillas"

n= 0,024 Metal corrugado ondulaciones estándar

Nº	Prog	D (m)	Q (m ³ /s)	Control de entrada		He Max (m)	He<He Max	Control de Salida					Tipo de Control	Velocidad Salida	Vel Max (m/s)	Verificación
				He/D	He(m)			H (m)	Tw (m)	hc (m)	(hc+D)/2=h (m)	He (m)				
								Ecuación	Altura Aguas abajo	Altura crítica						
1	0+595	0,8	0,36	0,50	0,40	1,10	Cumple	0,08	0,23	0,36	0,58	0,24	Entrada	2,60	2,7	OK
2	0+947	0,8	0,05	0,19	0,15	1,10	Cumple	0,00	0,04	0,13	0,47	0,25	Entrada	1,20	2,7	OK
3	1+447	1,2	1,15	0,85	1,02	1,50	Cumple	0,15	0,21	0,58	0,89	0,66	Entrada	2,52	2,7	OK
4	1+608	0,8	0,20	0,36	0,29	1,10	Cumple	0,02	0,13	0,26	0,53	0,34	Entrada	1,76	2,7	OK
5	1+726	0,8	0,72	0,94	0,75	1,10	Cumple	0,24	0,15	0,52	0,66	0,71	Entrada	2,14	2,7	OK
6	2+399	0,8	0,53	0,68	0,55	1,10	Cumple	0,15	0,16	0,44	0,62	0,49	Entrada	2,30	2,7	OK
7	2+496	0,8	0,04	0,18	0,14	1,10	Cumple	0,00	0,05	0,12	0,46	0,27	Entrada	1,11	2,7	OK
8	2+761	0,8	0,48	0,63	0,51	1,10	Cumple	0,12	0,20	0,42	0,61	0,51	Entrada	2,23	2,7	OK
9	2+926	0,8	0,25	0,41	0,33	1,10	Cumple	0,03	0,22	0,30	0,55	0,49	Entrada	1,24	2,7	OK
10	2+980	0,8	0,09	0,24	0,19	1,10	Cumple	0,01	0,05	0,18	0,49	0,20	Entrada	1,43	2,7	OK
11	3+610	0,8	0,17	0,33	0,27	1,10	Cumple	0,03	0,08	0,24	0,52	0,29	Entrada	1,33	2,7	OK
12	3+706	0,8	0,08	0,23	0,19	1,10	Cumple	0,01	0,08	0,17	0,48	0,23	Entrada	1,29	2,7	OK
13	3+860	0,8	0,67	0,86	0,68	1,10	Cumple	0,20	0,07	0,50	0,65	0,71	Entrada	1,89	2,7	OK
14	4+083	0,8	0,19	0,35	0,28	1,10	Cumple	0,03	0,07	0,26	0,53	0,34	Entrada	1,31	2,7	OK
15	4+436	0,8	0,28	0,44	0,35	1,10	Cumple	0,05	0,12	0,32	0,56	0,37	Entrada	1,63	2,7	OK
16	4+604	0,8	0,32	0,48	0,38	1,10	Cumple	0,05	0,15	0,34	0,57	0,48	Entrada	1,69	2,7	OK
17	4+783	0,8	0,04	0,18	0,15	1,10	Cumple	0,00	0,05	0,12	0,46	0,36	Entrada	0,76	2,7	OK
18	4+875	0,8	0,29	0,45	0,36	1,10	Cumple	0,05	0,15	0,32	0,56	0,42	Entrada	1,83	2,7	OK
19	5+031	0,8	0,34	0,50	0,40	1,10	Cumple	0,06	0,24	0,35	0,57	0,45	Entrada	1,93	2,7	OK
20	5+185	0,8	0,59	0,76	0,60	1,10	Cumple	0,17	0,24	0,47	0,63	0,59	Entrada	2,30	2,7	OK
21	5+219	0,8	0,30	0,46	0,36	1,10	Cumple	0,05	0,13	0,33	0,56	0,35	Entrada	2,23	2,7	OK

22	5+596	0,8	0,19	0,34	0,27	1,10	Cumple	0,02	0,23	0,26	0,53	0,20	Entrada	2,39	2,7	OK
23	6+076	0,8	0,44	0,59	0,47	1,10	Cumple	0,09	0,45	0,40	0,60	0,58	Entrada	1,54	2,7	OK
24	6+157	0,8	0,27	0,43	0,34	1,10	Cumple	0,04	0,14	0,31	0,55	0,50	Entrada	1,24	2,7	OK
25	6+311	0,8	0,38	0,53	0,43	1,10	Cumple	0,07	0,18	0,37	0,58	0,53	Entrada	1,65	2,7	OK
26	6+421	0,8	0,24	0,40	0,32	1,10	Cumple	0,03	0,13	0,29	0,55	0,46	Entrada	1,42	2,7	OK
27	6+613	0,8	0,64	0,82	0,66	1,10	Cumple	0,19	0,24	0,49	0,64	0,69	Entrada	1,84	2,7	OK
28	6+742	0,8	0,38	0,53	0,43	1,10	Cumple	0,08	0,17	0,37	0,58	0,43	Entrada	2,11	2,7	OK
29	6+936	0,8	0,12	0,27	0,22	1,10	Cumple	0,01	0,08	0,20	0,50	0,34	Entrada	1,39	2,7	OK
30	7+320	0,8	0,05	0,11	0,09	1,10	Cumple	0,00	0,03	0,13	0,47	-1,56	Entrada	3,51	2,7	No Cumple
31	7+768	0,9	0,89	1,30	1,17	1,20	Cumple	0,21	0,30	0,56	0,73	0,76	Entrada	2,36	2,7	OK
32	8+039	0,8	0,77	0,95	0,76	1,10	Cumple	0,33	0,18	0,53	0,67	-0,76	Entrada	6,90	2,7	No Cumple
33	8+126	0,9	1,03	1,11	1,00	1,20	Cumple	0,32	0,22	0,60	0,75	0,25	Entrada	5,02	2,7	No Cumple
34	8+472	0,8	0,53	0,66	0,53	1,10	Cumple	0,15	0,11	0,44	0,62	0,19	Entrada	3,76	2,7	No Cumple
35	8+729	0,8	0,55	0,70	0,56	1,10	Cumple	0,18	0,53	0,45	0,62	0,54	Entrada	1,83	2,7	OK
36	8+811	0,8	0,33	0,48	0,38	1,10	Cumple	0,06	0,13	0,34	0,57	0,40	Entrada	2,10	2,7	OK
37	9+027	0,8	0,08	0,22	0,18	1,10	Cumple	0,00	0,06	0,17	0,48	0,32	Entrada	1,23	2,7	OK
38	9+102	0,8	0,06	0,20	0,16	1,10	Cumple	0,00	0,11	0,14	0,47	0,22	Entrada	1,42	2,7	OK
39	9+223	0,8	0,05	0,19	0,15	1,10	Cumple	0,00	0,05	0,13	0,47	0,33	Entrada	0,95	2,7	OK
40	9+717	0,8	0,38	0,53	0,42	1,10	Cumple	0,07	0,12	0,37	0,58	0,44	Entrada	2,11	2,7	OK
41	9+856	0,8	0,11	0,26	0,21	1,10	Cumple	0,01	0,16	0,19	0,50	0,27	Entrada	1,70	2,7	OK

Fuente: Elaboración propia

3.7.2 Calculo hidráulico “Verificación Cunetas”

Tabla 28. *Calculo hidráulico “Cunetas”*

N°	Progresivas		L (m)	L(m)		Talud Z	Talud Z2	Y (m)	B (m)	A (m2)	P (m)	Rh (m)	S	n	Caudal(m3/s)		Verificación
	I (km)	F (km)		Entrega	Total										Hidráulico	Hidrológico	
1	0+000	0+082	79	3	82	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,023	0,012	0,1385	0,0232	Cumple
2	0+461	0+608	152	0	152	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,023	0,012	0,1385	0,0368	Cumple
3	0+610	0+838	218	0	218	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,032	0,012	0,1638	0,0709	Cumple
4	0+852	0+943	91	0	91	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,045	0,012	0,1958	0,0296	Cumple
5	0+945	1+081	132	3	135	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,077	0,012	0,2553	0,0439	Cumple
6	0+970	1+081	106	5	111	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,077	0,012	0,2553	0,0269	Cumple
7	1+491	1+607	116	2	118	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,023	0,012	0,1385	0,0384	Cumple
8	1+608	1+712	105	0	105	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,014	0,012	0,1073	0,0341	Cumple
9	2+050	2+228	178	0	178	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,023	0,012	0,1385	0,0579	Cumple
10	2+070	2+218	148	0	148	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,023	0,012	0,1385	0,0481	Cumple
11	2+430	2+485	55	0	55	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,014	0,012	0,1073	0,0133	Cumple
12	2+486	2+676	183	0	183	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,014	0,012	0,1073	0,0443	Cumple
13	2+499	2+561	60	5	65	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,014	0,012	0,1073	0,0157	Cumple
14	2+791	2+924	141	0	141	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,018	0,012	0,1238	0,0458	Cumple
15	3+015	3+114	101	0	101	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,023	0,012	0,1385	0,0328	Cumple
16	3+351	3+460	111	5	116	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,045	0,012	0,1958	0,0377	Cumple
17	3+387	3+440	52	3	55	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,045	0,012	0,1958	0,0179	Cumple
18	3+480	3+601	118	2	120	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,027	0,012	0,1517	0,0390	Cumple
19	3+490	3+601	111	9	120	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,027	0,012	0,1517	0,0390	Cumple
20	3+720	3+862	138	0	138	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,014	0,012	0,1073	0,0449	Cumple
21	3+863	4+040	175	0	175	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,018	0,012	0,1238	0,0569	Cumple
22	4+149	4+225	75	5	80	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,014	0,012	0,1073	0,0260	Cumple
23	5+060	5+170	111	0	111	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,009	0,012	0,0876	0,0269	Cumple
24	5+476	5+598	115	0	115	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,014	0,012	0,1073	0,0374	Cumple
25	5+600	5+851	252	0	252	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,018	0,012	0,1238	0,0819	Cumple

26	5+670	5+730	67	2	69	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,018	0,012	0,1238	0,0224	Cumple
27	6+190	6+270	83	0	83	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,005	0,012	0,0619	0,0270	Cumple
28	6+440	6+580	140	0	140	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,005	0,012	0,0619	0,0455	Cumple
29	6+950	7+040	90	2	92	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,023	0,012	0,1385	0,0299	Cumple
30	7+212	7+315	103	2	105	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,018	0,012	0,1238	0,0254	Cumple
31	7+316	7+375	59	0	59	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,018	0,012	0,1238	0,0143	Cumple
32	7+917	8+033	117	0	117	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,032	0,012	0,1638	0,0380	Cumple
33	8+034	8+124	92	0	92	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,055	0,012	0,2145	0,0299	Cumple
34	8+125	8+468	342	0	342	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,027	0,012	0,1517	0,1112	Cumple
35	8+469	8+598	131	0	131	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,050	0,012	0,2054	0,0426	Cumple
36	8+500	8+600	100	6	106	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,050	0,012	0,2054	0,0345	Cumple
37	8+752	8+798	48	0	48	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,032	0,012	0,1638	0,0156	Cumple
38	8+820	9+012	194	0	194	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,014	0,012	0,1073	0,0631	Cumple
39	8+907	8+960	52	2	54	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,014	0,012	0,1073	0,0131	Cumple
40	9+013	9+095	79	0	79	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,014	0,012	0,1073	0,0257	Cumple
41	9+051	9+095	42	2	44	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,014	0,012	0,1073	0,0106	Cumple
42	9+095	9+210	113	0	113	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,018	0,012	0,1238	0,0367	Cumple
43	9+211	9+374	164	0	164	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,023	0,012	0,1385	0,0533	Cumple
44	9+215	9+245	29	2	31	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,018	0,012	0,1238	0,0075	Cumple
45	9+622	9+682	60	0	60	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,009	0,012	0,0876	0,0195	Cumple
46	6+622	9+681	59	0	59	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,009	0,012	0,0876	0,0192	Cumple
47	9+760	9+841	82	0	82	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,014	0,012	0,1073	0,0267	Cumple
48	9+842	10+002	155	0	155	2,5	0,5	0,2	0	0,060	0,762	0,079	0,014	0,012	0,1073	0,0504	Cumple

Fuente: Elaboración propia

3.7.3 Selección del diámetro óptimo

Tabla 29. *Diámetro óptimo*

Nº	Prog	Diámetro actual	Diámetro propuesto	Diámetro óptimo
1	0+595	0,8	0,8	Actual
2	0+947	0,8	0,8	Actual
3	1+447	1,2	1,2	Actual
4	1+608	0,8	0,8	Actual
5	1+726	1,2	0,8	Propuesto
6	2+399	0,9	0,8	Propuesto
7	2+496	0,9	0,8	Propuesto
8	2+761	0,9	0,8	Propuesto
9	2+926	0,9	0,8	Propuesto
10	2+980	0,9	0,8	Propuesto
11	3+610	0,9	0,8	Propuesto
12	3+706	0,8	0,8	Actual
13	3+860	0,9	0,8	Propuesto
14	4+083	0,9	0,8	Propuesto
15	4+436	0,6	0,8	Actual
16	4+604	0,6	0,8	Actual
17	4+783	0,6	0,8	Actual
18	4+875	0,6	0,8	Actual
19	5+031	0,6	0,8	Actual
20	5+185	0,9	0,8	Propuesto
21	5+219	0,6	0,8	Actual
22	5+596	0,6	0,8	Actual
23	6+076	0,9	0,8	Propuesto
24	6+157	0,9	0,8	Propuesto
25	6+311	0,9	0,8	Propuesto
26	6+421	0,9	0,8	Propuesto
27	6+613	0,9	0,8	Propuesto
28	6+742	0,9	0,8	Propuesto
29	6+936	0,9	0,8	Propuesto
30	7+320	0,9	0,8	Propuesto
31	7+768	0,9	0,9	Actual
32	8+039	0,9	0,8	Propuesto
33	8+126	1,2	0,9	Propuesto
34	8+472	1	0,8	Propuesto
35	8+729	0,8	0,8	Actual
36	8+811	0,9	0,8	Propuesto
37	9+027	0,9	0,8	Propuesto
38	9+102	0,9	0,8	Propuesto
39	9+223	0,9	0,8	Propuesto
40	9+717	1,2	0,8	Propuesto
41	9+856	0,6	0,8	Actual

Fuente: Elaboración propia

3.8 Inspección técnica

3.8.1 Datos generales

Clasificador de camino	Red Departamental
Kilometro inicio	0+000
Kilometro final	10+096
Comunidad/Caserío	Septapas- Animas
Municipio	El Puente
Provincia	Eustaquio Méndez
Departamento	Tarija
Pueblos dentro del tramo	Monte Chico, Pompeya, Pirgua Pampa, Santa Ana
Mantenimiento (Si/No)	El tramo no tiene mantenimiento

3.8.2 Levantamiento de daños en cunetas

Tabla 30. *Convenciones y severidades para daños en cunetas y en canales de conducción*

Daño	Convención	Severidad		
		Baja	Media	Alta
Escalonamiento (m)	EJ	Altura<6mm	Altura 6-25mm	Altura>25mm
Grietas(m)	GR	Altura<3 mm	Altura 3-10mm	Altura>10 mm
Desgaste(m2)	DSU	Se ha perdido recubrimiento del agregado que ha comenzado a desgastarse, pero no de manera significativa.	La superficie del concreto es moderadamente rugosa y hay pérdida leve de partículas, sin embargo, no se observa socavación significativa.	La superficie está muy rugosa y presenta pérdida de partículas, puede presentarse socavación que genera un canal más pequeño por donde pasa el flujo.
Desportillamiento (m)	DPT - DPL	Longitud < 5cm	Longitud 5-15cm	Longitud>15cm
Fracturamiento (m2)	FRAC	Existen más de dos bloques en el módulo de la cuneta sin embargo no hay desplazamientos ni hundimientos del	Los bloques presentan una separación entre 3 mm y 10 mm con algún	Los bloques presentan separaciones entre sí mayores de 10 mm, adicionalmente hay desplazamientos y

		concreto y no se observa infiltración excesiva	desplazamiento, sin hundimientos.	hundimientos que permiten infiltración de agua a las capas inferiores. Puede existir remoción total o parcial del concreto y no hay continuidad de la cuneta.
Separación de la cuneta(m)	SC	Ancho < 3,0 mm	Ancho 3-10mm	Ancho > 10,0 mm
Obstrucción(m)	OBS	Menos del 1% de la sección se encuentra con material tanto transportado como del que proviene de taludes adyacentes.	La cuneta se encuentra obstruida en un 30% de su sección transversal.	La cuneta presenta obstrucción en más del 30% de su sección transversal.
Entrega.	-	Aunque aquí no se describa un daño deberá quedar registrado durante la visita si existe o no una entrega adecuada de las aguas a estructuras que conduzcan a un canal natural o artificial.		

Fuente: INVIAS (2006)

3.8.3 Inspección técnica “Cunetas”

Territorial	El Puente	Mantenimiento integral	√	Ircalaya- Verdiguera
Nombre de la vía	Septapas-Animas	Concesión:	
Código de la vía	0000	A.M.V.	
Sector	Ircalaya- Verdiguera	Sector ADM. Vial No.:	
Fecha		15/06/2022		
Levantado por		Estudiante		

Tabla 31. Levantamiento de daños en cunetas

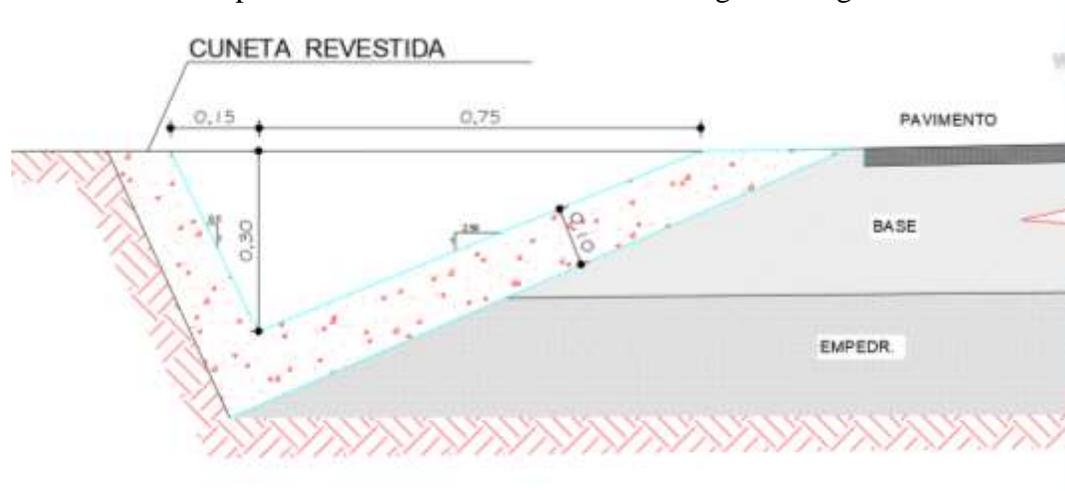
N°	PR inicio	Lado		L(m)	Forma	Daño				Fot N°	Observaciones
		D	I			Total	Tipo	Sev	Cant.		
1	0+000	√		85	V	OBS	A	85	m	1 a 3	Presenta OBS en todo el tramo, con grietas de severidad media (L= 50m)
2	0+461	√		152	V	OBS	A	145	m	4 a 6	Material granular proveniente de un deslizamiento.
3	0+610	√		218	V	DSU	A	99	m ²	7 a 8	Presenta OBS L=119m
4	0+852	√		91	V	OBS	A	85,00	m	9 a 10	Deslizamiento de material del talud obstaculizando el tráfico.
5	0+945	√		135	V	OBS	A	135	m	11	Cuneta totalmente colmatada en un 100%
6	0+970	√		111	V	FRAC	M	0,75	m ²	12 a 14	Presenta OBS(L=98m) y un DSU(L=2,8m) de severidad alta
7	1+491	√		118	V	OBS	A	111	m	15 a 16	Presenta material granular y rocoso.
8	1+608	√		105	V	OBS	A	101	m	17 a 19	Deslizamiento de material del talud y DSU(L=3,2m) en la carretera
9	2+050	√		178	V	OBS	A	175	m	20 a 21	Material granular suelto en toda la cuneta.
10	2+070	√		148	V	FRAC	M	0,56	m ²	22 a 23	Presenta obstrucción de 6m de material proveniente de un deslizamiento,
11	2+430	√		55	V	OBS	M	52	m	24	Presenta algunas plantas(churquis)
12	2+486	√		183	V	OBS	A	182	m	25 a 26	Causado por el deslizamiento y tráfico de vehículos para entrar a sus domicilios.
13	2+499	√		65	V	GR	M	1,7	m	27 a 28	Presenta una obstrucción en la descarga de la cuneta de 1,8m
14	2+791	√		141	V	OBS	A	138	m	29 a 30	Ocasionado por el deslizamiento y el uso de la cuneta como camino de paso.

15	3+015	v	101	V	FRAC	A	1,54	m ²	31 a 33	Deslizamiento de talud de 98m.
16	3+351	v	116	V	GR	B	6,7	m	34 a 36	Presenta obstrucción de 40m ocasionada por un deslizamiento.
17	3+387	v	55	V	OBS	A	3	m	37 a 38	Presenta obstrucción en la entrega
18	3+480	v	121	V	GR	M	1,2	m	39 a 40	Obstrucción de 119 m causada por deslizamiento
19	3+490	v	120	V	OBS	A	98	m	41 a 44	Deslizamiento de material suelto
20	3+720	v	138	V	SC	B	3,5	m	45 a 47	Obstrucción de 131 m causada por deslizamiento
21	3+863	v	175	V	SC	B	49	m	48 a 50	Presenta obstrucción en la entrega y la descarga de 15 m ocasionada por el deslizamiento
22	4+149	v	80	V	OBS	A	80	m	51 a 52	Presencia de material granular y rocoso
23	5+060	v	111	V	SC	M	33	m	53 a 56	Presenta obstrucción de 44 m de material granular y rocoso.
24	5+476	v	115	V	OBS	A	113	m	57 a 58	Presenta obstrucción a causa del deslizamiento proveniente del talud.
25	5+600	v	252	V	OBS	A	252	m	59 a 60	Obstrucción total a causa de un deslizamiento.
26	5+670	v	69	V	SC	B	11	m	61 a 62	Presenta obstrucción de severidad alta de 69 m
27	6+190	v	83	V	SC	B	6	m	63 a 65	Presenta obstrucción de material suelto de 57 m severidad alta
28	6+440	v	140	V	OBS	M	138	m	66 a 68	Material granular y rocoso
29	6+950	v	92	V	FRAC	A	0,41	m ²	69 a 70	Presenta problemas de desgaste en la entrega a la cuneta.
30	7+212	v	105	V	SC	A	68	m	71 a 72	Presenta obstrucción de material de 56 m de severidad alta
31	7+316	v	59	V	OBS	A	15	m	73 a 74	Proveniente por el deslizamiento
32	7+917	v	117	V	SC	A	39	m	75 a 77	Presenta OBS en la descarga de 9 m de severidad alta
33	8+034	v	92	V	FRAC	A	1,62	m ²	78 a 80	Presenta SC de 54 m de severidad media.
34	8+125	v	342	V	SC	M	198	m	81 a 84	Presenta obstrucción de 83 m y un fracturamiento de 1.4m ²
35	8+469	v	131	V	SC	A	67	m	85 a 87	Presenta OBS de 70 m por material proveniente de un desplazamiento.
36	8+500	v	106	V	SC	A	35	m	88 a 91	Presenta OBS de 63 m por material proveniente de un desplazamiento.
37	8+752	v	48	V	GR	M	29	m	92 a 93	Presenta OBS de 5 m causada por un deslizamiento
38	8+820	v	194	V	SC	A	4	m	94 a 95	Deslizamiento de material de 115 m de material suelto
39	8+907	v	54	V	OBS	A	54	m	96	Presenta obstrucción a lo largo de la cuneta
40	9+013	v	79	V	OBS	A	77	m	97 a 98	Deslizamiento de material suelto del talud.
41	9+051	v	44	V	SC	A	17	m	99 a 100	Presenta obstrucción de 9 m proveniente de un deslizamiento
42	9+095	v	113	V	OBS	A	57	m	101 a 102	Material granular suelto
43	9+211	v	164	V	OBS	A	163	m	103 a 106	Material granular suelto
44	9+215	v	31	V	OBS	A	31	m	107	Material granular suelto
45	9+622	v	60	V	OBS	A	60	m	108	Material granular suelto

46	6+622	v	59	V	OBS	A	59	m	109	Material granular suelto
47	9+760	v	82	V	OBS	A	82	m	110 a 111	Material granular suelto
48	9+842	v	155	V	OBS	A	154	m	112 a 114	Material granular suelto en un 90% y rocoso en un 10%

Fuente: Elaboración propia

Esquema: El tramo cuenta con un solo tipo de cuneta como se muestra en la siguiente figura:



Observaciones: A lo largo del tramo inspeccionado se encontraron varias zonas inestables que generan obstrucciones en las cunetas, además existen lugares donde no existen cunetas o están destruidas que pueden llegar a afectar la vía, por tal motivo se recomienda la limpieza inmediata y la reconstrucción de las cunetas. Además las obstrucciones están generando el estancamiento de aguas están provocando fisuras, grietas longitudinales y desnivel carril berma o socavación aguas abajo.

3.8.4 Inspección Técnica “Alcantarilla

Hoja **1** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,8	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	11,5
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:	Presenta acumulación de sedimentación en la entrada		2,88	m3	1	
Estructura de entrada	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:					
Ducto:	Acumulación de sedimentos en un 40%		11,5	m	2	
Estructura de salida	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:					
Descole:	Presenta acumulación parcial de sedimentos e invasión de maleza en la salida ocasionando mayores velocidades.		1,5	m3	3	

Observación: Las imágenes incluidas indican la entrada y la salida de la alcantarilla.

Hoja **2** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,8	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	9,1
Material	Metálico

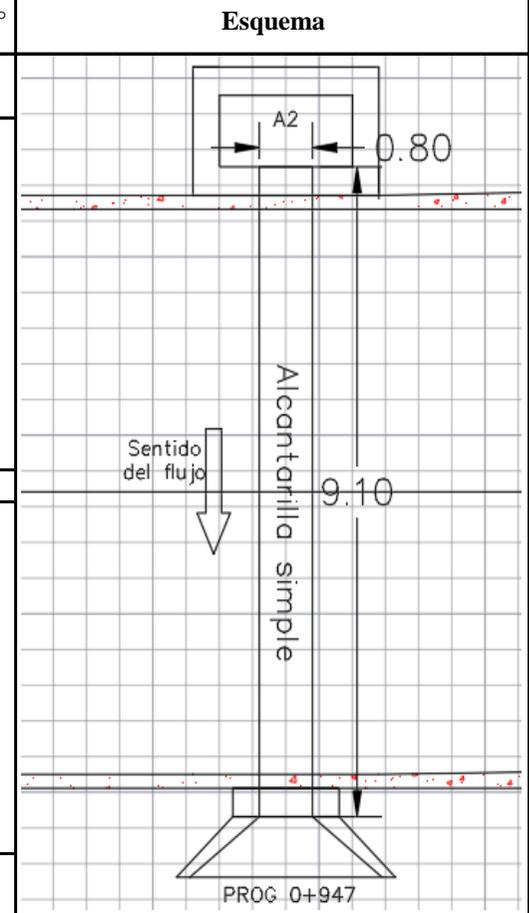
Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:		0,4	m3	4
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:		Espesor:				
Poceta:		Altura:	1,7 m			
Ancho:		Largo:	0,9 m			
Solado:						
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:		1,6	m3	5
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:		Espesor:				
Poceta:		Altura:				
Ancho:		Largo:				
Solado:						
Descole:		Presenta acumulación de sedimento a un costado en la salida de la alcantarilla				



Hoja **3** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	
Diámetro	1,2	Doble	√

Características del ducto

Longitud (m)	20
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños		Cuantifica		Fot N°	Esquema
				Cant	Unid		
Encole:							
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:					
Poceta:	Longitud:	Altura:					
Solado:	Ancho:	Largo:					
Ducto:							
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:	0,5 m	Presenta grietas de un espesor de 4mm, profundidad de 5mm y longitud de 33 cm.	0,33	m	6
	Longitud:	Altura:	2,7 m				
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:					
Poceta:	Longitud:	Altura:					
Solado:	Ancho:	Largo:					
Descole:							

Observación: La fotografía incluida muestra las grietas en la salida de la alcantarilla

Hoja **4** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,8	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	9,5
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

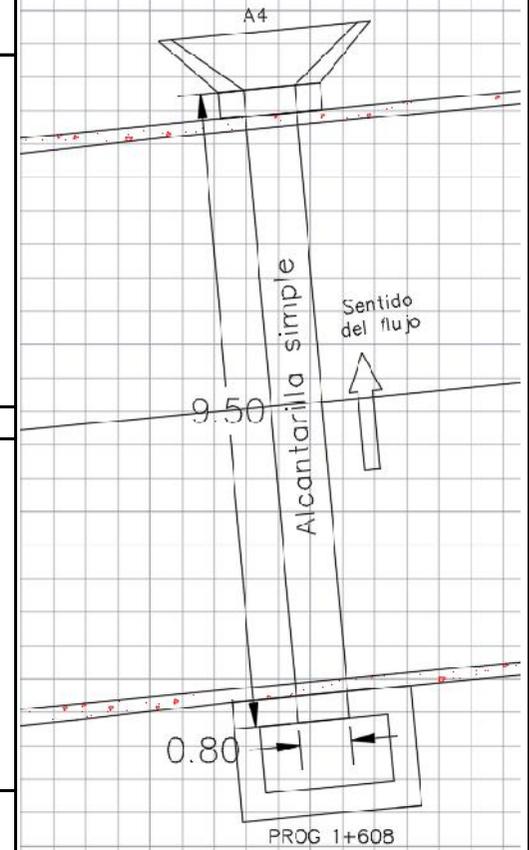
Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños		Cuantifica		Fot N°	Esquema
				Cant	Unid		
Encole:							
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:		 <p>Presenta acumulación de sedimento en un 20 %</p>	0,935	m3	7
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:		Espesor:					
Longitud:	Espesor:						
Poceta:	Altura:	1,7 m					
Ancho:	Largo:	1,1 m					
Solado:							
Ducto:							
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:			3,213	m3	9
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:		Espesor:					
Longitud:	Espesor:						
Poceta:	Altura:						
Ancho:	Largo:						
Solado:							
Descole:	Presenta acumulación de sedimento en un 90%						

Observación: Alcantarilla parcialmente colmatada



Hoja **5** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería Simple
 Diámetro Doble

Características del ducto

Longitud (m)
 Material

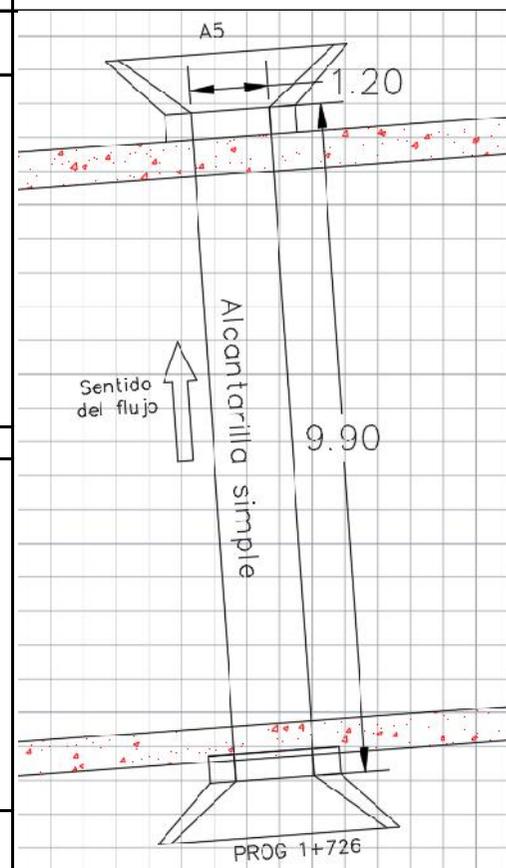
Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños		Cuantifica		Fot N°	Esquema
				Cant	Unid		
Encole:							
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:		Presenta grietas de espesor 2 mm, profundidad 2.5mm y una longitud de 32cm	0,32	m	10
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicia 1,6 m					
Longitud:	Altura final: 0,6 m						
Muro de acompañamiento:		Longitud:	Espesor:				
Poceta:		Longitud:	Espesor:				
Solado:		Ancho:	Largo:				
Ducto:							
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:	0,4 m	Presenta grietas de severidad baja de espesor 2mm, profundidad 2mm y una longitud de 57	0,57	m	11
	Longitud:	Altura:	0,4 m				
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
Longitud:	Altura final:						
Muro de acompañamiento:		Longitud:	Espesor:				
Poceta:		Longitud:	Espesor:				
Solado:		Ancho:	Largo:				
Descole:							



Observación: La fotografía incluida en la salida nos indica grietas de baja severidad.

Hoja **6** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	11,5
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:		Presenta acumulación de material vegetal	2	m3	12	
Estructura de entrada	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:					
	Ducto:					
Estructura de salida	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:					
	Descole:					

Observación: Es necesario evacuar los restos de una planta en la entrada para evitar la sedimentación en la alcantarilla.

Hoja **7** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	8,2
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:	Presenta acumulación de sedimento 	0,756	m3	13
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicia 1,2 m				
	Longitud: 2,1 m	Altura final: 1,9 m				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Longitud:	Espesor:				
Ancho:	Altura:	Altura:				
Solado:	Longitud:	Espesor:				
Ducto:	Presenta acumulación de sedimento 10%		8,2	m	14	
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Longitud:	Espesor:				
Ancho:	Altura:	Altura:				
Solado:	Longitud:	Espesor:				
Descole:						

Observación: La imagen incluida en la estructura de salida indica una colmatación parcial de sedimento.

Hoja **8** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	9,1
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:	Presenta vegetación en la entrada	5	unid	15
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicia 0,5 m				
	Longitud: 2,1 m	Altura final: 1,7 m				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Longitud:	Espesor:				
Ancho:	Altura:	Altura:				
Solado:	Ancho:	Largo:				
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Longitud:	Espesor:				
Ancho:	Altura:	Altura:				
Solado:	Ancho:	Largo:				
Descole:						

Observación: La fotografía incluida indica la entrada de la alcantarilla la cual esta provocando una acumulación de sedimento en la entrada.

Hoja **9** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	9
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema	
			Cant	Unid			
Encole:		Totalmente colmatada en la entrada		3,825	m3	16	
Estructura de entrada	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:						
	Ducto:	Totalmente colmatado		9	m		
Estructura de salida	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:						
	Descole:	Totalmente colmatada		2,205	m3	17	

Hoja **10** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	0,9	Doble	

Características del ducto

Longitud (m)	12,6
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños		Cuantifica		Fot N°	Esquema
				Cant	Unid		
Encole:							
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor: 0,4 m	Presenta fisuras de 3 mm de espesor, 3.5mm de profundidad y 0,98m de longitud	0,98	m	18	
	Longitud: 2,7 m	Altura: 0,8 m					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:	Espesor:						
Poceta:	Altura:						
Ancho:	Largo:						
Solado:							
Ducto:							
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:	Espesor:						
Poceta:	Altura:						
Ancho:	Largo:						
Solado:							
Descole:							

Observación: La fotografía a la salida nos indica que se encuentra en buen estado.

Hoja **11** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	0,9	Doble	

Características del ducto

Longitud (m)	18
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:		Totalmente colmatada en la entrada	1,512	m3	19	
Estructura de entrada	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:					
	Ducto:		Colmatado en un 40%	18	m	
Estructura de salida	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:					
	Descole:		Colmatado en un 20%	0,225	m3	20

Observación: Las fotografías incluidas indican la entrada y la salida de la alcantarilla respectivamente.

Hoja **12** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	0,8	Doble	

Características del ducto

Longitud (m)	12,3
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema		
			Cant	Unid				
Encole:		Colmatación en un 15% además funciona como paso para tuberías			0,204	m3	21	
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:						
	Longitud:	Altura:						
	Guardaruedas:	Espesor:						
	Longitud:	Altura:						
	Aletas:	Altura inicial:						
	Longitud:	Altura final:						
	Muro de acompañamiento:							
	Longitud:	Espesor:						
	Poceta:	Altura:						
	Ancho:	Largo:						
	Solado:							
Ducto:		El ducto esta colmatado en un 18%			12,3	m	22	
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:						
	Longitud:	Altura:						
	Guardaruedas:	Espesor:						
	Longitud:	Altura:						
	Aletas:	Altura inicial:						
	Longitud:	Altura final:						
	Muro de acompañamiento:							
	Longitud:	Espesor:						
	Poceta:	Altura:						
	Ancho:	Largo:						
	Solado:							
Descole:		Sedimentación en la salida			0,272	m3		

Observación: Las fotografías nos indican una colmatación parcial de la alcantarilla.

Hoja **13** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	0,9	Doble	

Características del ducto

Longitud (m)	9
Material	Metálico

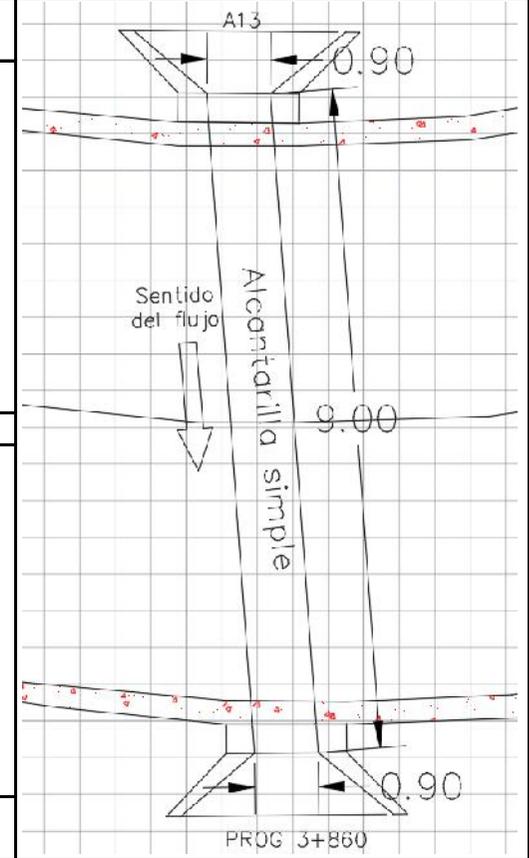
Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:	Existen una socavación lateral en la descarga de las cunetas 	9	m	23
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicia 1,7 m				
	Longitud: 1,5 m	Altura final: 0,6 m				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Longitud:	Espesor:				
Solado:	Ancho:	Largo:				
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Longitud:	Espesor:				
Solado:	Ancho:	Largo:				
Descole:	La salida presenta vegetación que impide el curso normal del flujo lo que ocasiona acumulación de sedimento			0,153	m3	25



Hoja **14** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	0,9	Doble	

Características del ducto

Longitud (m)	17
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños		Cuantifica		Fot N°	Esquema
				Cant	Unid		
Encole:							
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor: 0,3 m	Presenta grietas de severidad baja de 1.5mm de espesor, 2mm de profundidad y 46 cm de	0,46	m	26	
	Longitud: 1,9 m	Altura: 0,8 m					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
Longitud:	Altura final:						
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:					
Poceta:	Longitud:	Espesor:					
Ancho:	Altura:	Altura:					
Solado:	Ancho:	Largo:					
Ducto:							
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
Longitud:	Altura final:						
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:					
Poceta:	Longitud:	Espesor:					
Ancho:	Altura:	Altura:					
Solado:	Ancho:	Largo:					
Descole:	Presenta vegetación a la salida que aun no impide la circulación del agua						

Hoja **15** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	0,6	Doble	

Características del ducto

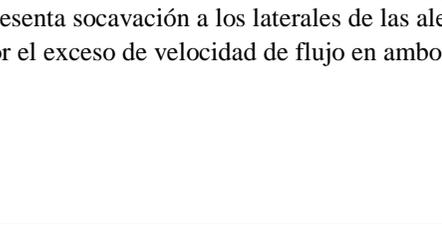
Longitud (m)	14,9
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	√
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:		0,5	m2	27
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicia 0,3 m				
Longitud: 2 m	Altura final: 1,4 m	Presenta erosión a los laterales de las aletas por el exceso de velocidad de flujo				
Muro de acompañamiento:		Espesor:				
Poceta:		Altura:				
Ancho:		Largo:				
Solado:						
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:		1,26	m2	28
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicia 0,3 m				
Longitud: 2,1 m	Altura final: 1,5 m	Presenta socavación a los laterales de las aletas por el exceso de velocidad de flujo en ambos				
Muro de acompañamiento:		Espesor:				
Poceta:		Altura:				
Ancho:		Largo:				
Solado:						
Descole:						

Observación: La fotografía incluida indica socavación a la salida de la alcantarilla

Hoja **16** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería Simple
 Diámetro Doble

Características del ducto

Longitud (m)
 Material

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema	
			Cant	Unid			
Encole:		Presenta vegetación y acumulación de sedimento que impide el ingreso normal de flujo		0,306	m3	29	
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
	Muro de acompañamiento:						
	Longitud:	Espesor:					
	Poceta:	Altura:					
	Ancho:	Largo:					
	Solado:						
Ducto:		Acumulación de sedimento en un 9%		8,2	m	30	
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
	Muro de acompañamiento:						
	Longitud:	Espesor:					
	Poceta:	Altura:					
	Ancho:	Largo:					
	Solado:						
Descole:		Acumulación de sedimento fino en la salida		0,102	m3		

Hoja **17** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,6	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	9,1
Material	Metálico

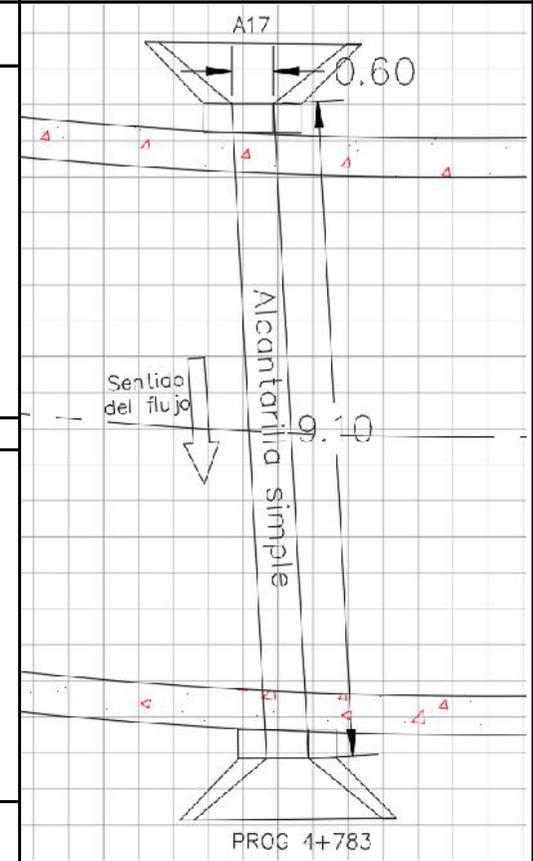
Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:	Desportillamiento de 0,023 m2 causado por el golpe de un vehículo.	0,0225	m2	31
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor: 0,4 m				
	Longitud: 1,4 m	Altura: 0,3 m				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Longitud:	Espesor:				
Solado:	Ancho:	Largo:				
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Longitud:	Espesor:				
Solado:	Ancho:	Largo:				
Descole:	Presenta vegetación en menor cantidad que no impide la salida del flujo					



Hoja **18** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,6	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	9,05
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños		Cuantifica		Fot N°	Esquema
				Cant	Unid		
Encole:							
Estructura de entrada	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:						
	Estructura de salida	Muro cabezal: Espesor: 0,4 m Longitud: 0,6 m Altura: 1,4 m Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:	Presenta grieta de severidad baja 2mm de espesor, 3mm profundidad y 15cm de long. 		0,15	m	
Descole:							

Hoja **19** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input type="checkbox"/>
Diámetro	0,6	Doble	<input checked="" type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	9,1
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Espesor:					
Longitud:	Altura:					
Poceta:	Altura:					
Ancho:	Largo:					
Solado:						
Ducto:	Presenta una acumulación de vegetación en la entrada		1	unid	33	
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Espesor:					
Longitud:	Altura:					
Poceta:	Altura:					
Ancho:	Largo:					
Solado:						
Descole:						

Observación: Las fotografías indican la entrada y salida de la alcantarilla

Hoja **20** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

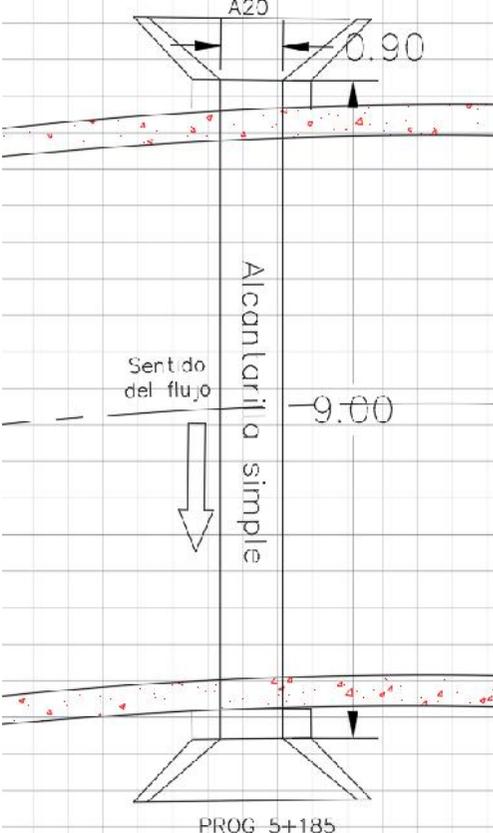
Longitud (m)	9
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:		Espesor:				
Poceta:		Altura:				
Ancho:		Largo:				
Solado:						
Ducto:		Presenta sedimentación mínima en un 6%	9	m	35	
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor: 0,4 m		0,2	m2	
	Longitud: 2 m	Altura: 1 m				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:		Espesor:				
Poceta:		Altura:				
Ancho:		Largo:				
Solado:						
Descole:						

Hoja **21** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	0,6	Doble	

Características del ducto

Longitud (m)	9,05
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	√
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:	Desportillamiento de 0,02 m2 causado por el golpe de un vehículo.	0,02	m2	
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor: 0,4 m				
	Longitud: 1,4 m	Altura: 0,2 m				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Longitud:	Espesor:				
Solado:	Ancho:	Largo:				
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Longitud:	Espesor:				
Solado:	Ancho:	Largo:				
Descole:						

Observación: La fotografía incluida en la salida nos indica un buen estado de la alcantarilla.

Hoja **22** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,6	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

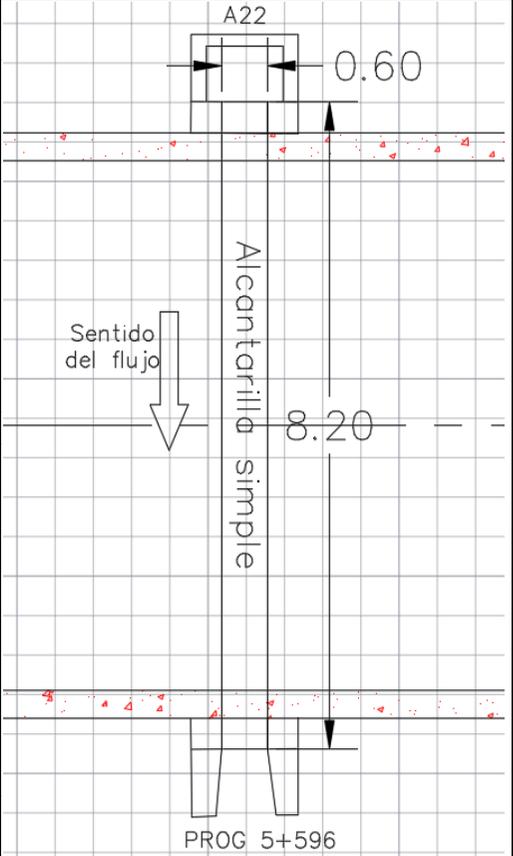
Longitud (m)	8,2
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Espesor:					
Longitud:	Altura:					
Poceta:	Altura:					
Ancho:	Largo:					
Solado:						
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:	Presenta una grieta horizontal de 6 mm de espesor, 7mm de profundidad y 20 cm de long	0,2	m	37
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicia 0,3 m				
	Longitud: 1,6 m	Altura final: 2,1 m				
Muro de acompañamiento:	Espesor:					
Longitud:	Altura:					
Poceta:	Altura:					
Ancho:	Largo:					
Solado:						
Descole:						

Observación: La fotografía incluida nos indica las grietas en la salida de la alcantarilla

Hoja **23** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	0,9	Doble	

Características del ducto

Longitud (m)	9
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:	
Murocabezal:	√
Guardaruedas:	√
Aletas:	√
Muro de acompañamiento:	
Poceta o lavadero:	

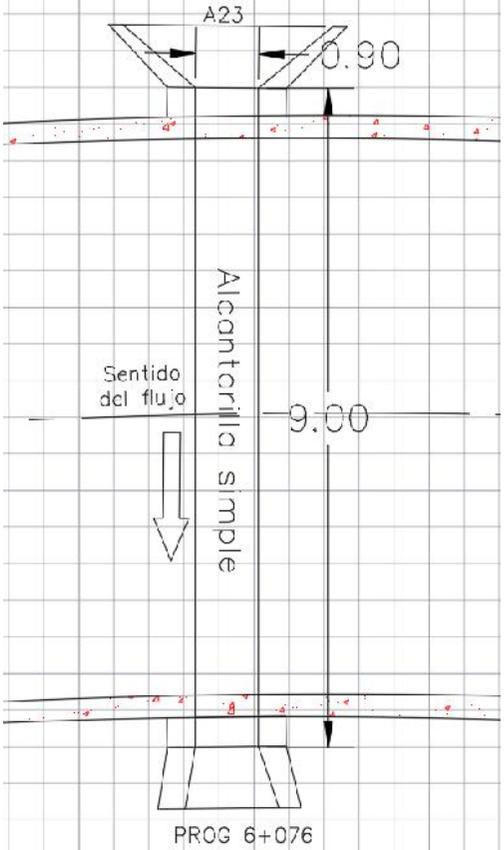
Entrada

√
√
√

Salida

√
√
√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Espesor:					
Longitud:	Altura:					
Poceta:	Altura:					
Ancho:	Largo:					
Solado:						
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor: 0,4 m				
	Longitud: 1,7 m	Altura: 0,3 m				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Espesor:					
Longitud:	Altura:					
Poceta:	Altura:					
Ancho:	Largo:					
Solado:						
Descole:	Presenta acumulación de vegetación y sedimento			0,27	m3	39

Observación: La imagen incluida en la estructura de entrada nos indica que no existe severidades

Hoja **24** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	9
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:		Presenta acumulación de sedimento y vegetación en la entrada	1,836	m3	40	
Estructura de entrada	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:					
	Ducto:	Sedimentación en un 10% a lo largo del ducto	9	m	42	
Estructura de salida	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:					
	Descole:	Acumulación de sedimento en la salida	1,05	m3	41	

Hoja **25** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input checked="" type="checkbox"/>

Características del ducto

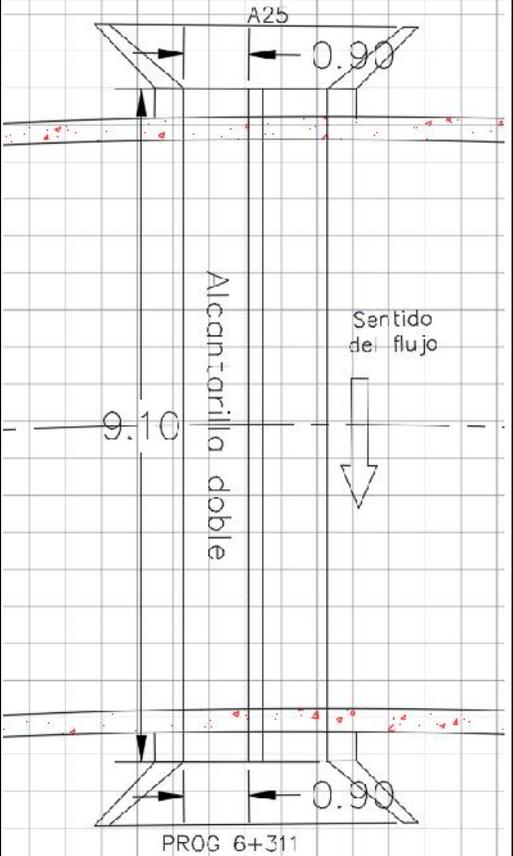
Longitud (m)	9,1
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños		Cuantifica		Fot N°	Esquema
				Cant	Unid		
Encole:							
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:					
Poceta:	Ancho:	Altura:					
Solado:	Ancho:	Largo:					
Ducto:							
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:			0,37	m	44
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:	0,4 m				
	Longitud:	Altura:	0,5 m				
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:					
Poceta:	Ancho:	Altura:					
Solado:	Ancho:	Largo:					
Descole:							

Observación: La fotografía incluida en la entrada nos indica acumulación de material rocoso en menor cantidad.

Hoja **26** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	0,9	Doble	

Características del ducto

Longitud (m)	8,2
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	√
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:	Presenta grietas de 2mm de espesor, 3mm de profundidad y 41 cm de longitud 	0,41	m	46
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicia 0,4 m				
	Longitud: 1,6 m	Altura final: 1,8 m				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Altura:					
Solado:	Ancho:	Largo:				
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Altura:					
Solado:	Ancho:	Largo:				
Descole:	Presenta acumulación de vegetación a la salida.					

Observación: La fotografía incluida en la salida nos indica una acumulación de vegetación que aun no impide la circulación normal del agua.

Hoja **27** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	9,8
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema	
			Cant	Unid			
Encole:		Acumulación de vegetación y sedimento en la entrada		0,459	m3	47	
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
	Muro de acompañamiento:						
	Longitud:	Espesor:					
	Poceta:	Altura:					
	Ancho:	Largo:					
	Solado:						
Ducto:		Presenta sedimentación en un 8%		9,8	m		
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
	Muro de acompañamiento:						
	Longitud:	Espesor:					
	Poceta:	Altura:					
	Ancho:	Largo:					
	Solado:						
Descole:		Presenta una planta y acumulación de sedimento en la salida		0,675	m3	48	

Hoja **28** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	9,8
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:		Acumulación de sedimento en la entrada en un 18% en las aletas y el ducto	0,72	m3	49	
Estructura de entrada	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:					
	Ducto:		Acumulación de sedimento en un 20%	9,8	m	
Estructura de salida	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:					
	Descole:		Acumulación de vegetación y sedimento que impide el desalajo normal de flujo aguas abajo	1,125	m3	50

Hoja **29** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	0,9	Doble	

Características del ducto

Longitud (m)	9,1
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema	
			Cant	Unid			
Encole:		Acumulación de vegetación y sedimento en la entrada		0,36	m3	51	
Estructura de entrada	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:						
	Ducto:		Sedimentación del 11%		9,8	m	
Estructura de salida	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:						
	Descole:		Acumulación de sedimento y vegetación a la salida		0,675	m3	52

Hoja **30** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	9,9
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:		Espesor:	Presenta socavación a los costados del muro de acompañamiento	12	m2	53
Longitud:	Altura:					
Poceta:	Altura:					
Ancho:	Largo:					
Solado:						
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:	Presenta socavación a los costados del muro de acompañamiento	12	m2	53
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:		Espesor:	0,3 m			
Longitud:	6,0 m	Altura:				
Poceta:		Altura:				
Ancho:		Largo:				
Solado:						
Descole:						

Observación: La fotografía incluida indica la socavación en la salida de la alcantarilla.

Hoja **31** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	9
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:		Presenta restos de un árbol al ingreso del ducto	1	unid	54	
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor: Longitud: Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor: Longitud: Altura:				
	Aletas:	Altura inicial: Longitud: Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Poceta:	Altura: Ancho: Largo:				
	Solado:					
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor: Longitud: Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor: Longitud: Altura:				
	Aletas:	Altura inicial: Longitud: Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Poceta:	Altura: Ancho: Largo:				
	Solado:					
Descole:		Presenta vegetación, pero que no impide el paso del agua				

Hoja **32** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

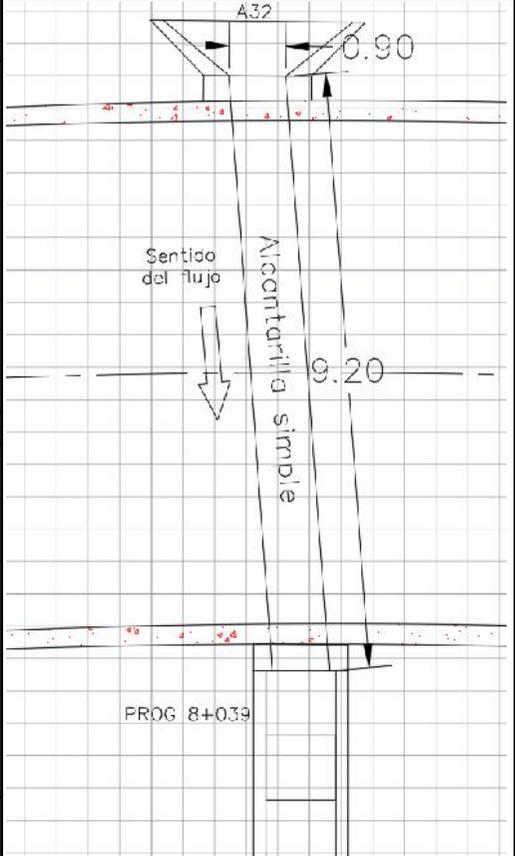
Longitud (m)	9,2
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Longitud:	Altura:				
Ancho:	Largo:					
Solado:						
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:	Socavación excesiva a los costados del muro de acompañamiento	20	m2	55 y 56
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Longitud: 7,5 m	Espesor: 0,3 m				
Poceta:	Longitud:	Altura:				
Ancho:	Largo:					
Solado:						
Descole:						

Observación: La fotografía incluida indica la salida de la alcantarilla

Hoja **33** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	1,2	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

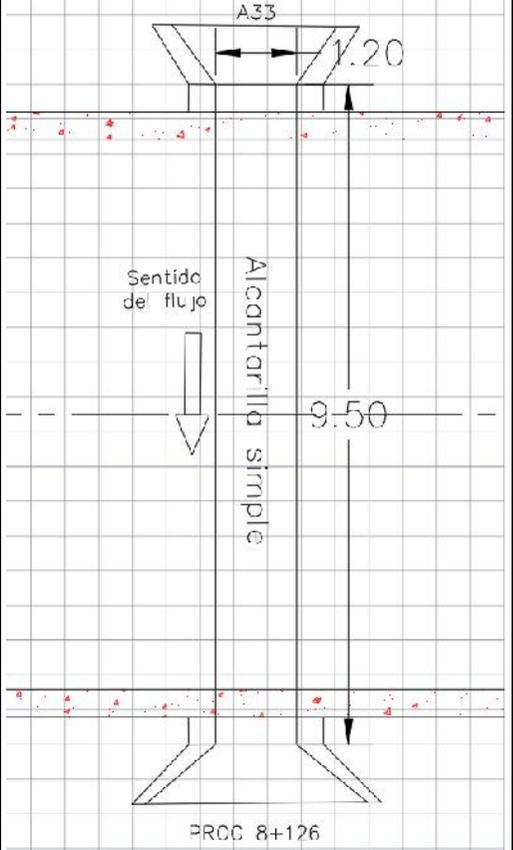
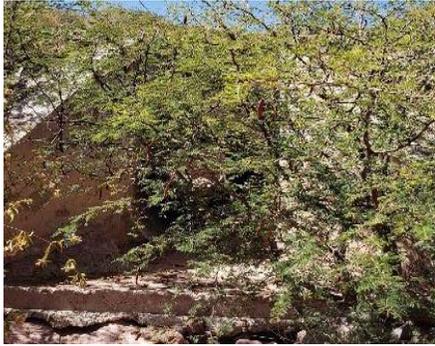
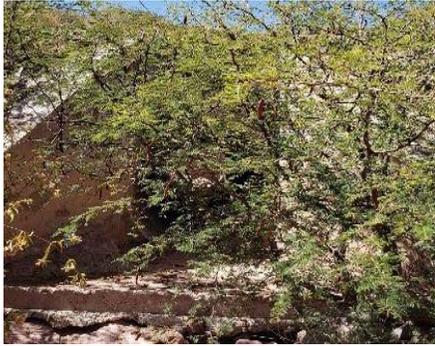
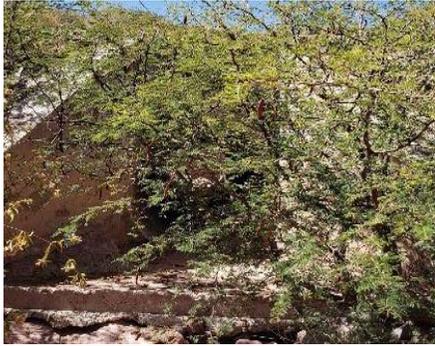
Longitud (m)	9,5
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños		Cuantifica		Fot N°	Esquema
				Cant	Unid		
Encole:							
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:	Presenta segregación de material de severidad baja 	0,01	m2	57	
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor: 0,4 m					
	Longitud: 1,8 m	Altura: 0,3 m					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:	Espesor:						
Longitud:	Altura:						
Poceta:	Altura:						
Ancho:	Largo:						
Solado:							
Ducto:							
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:	Espesor:						
Longitud:	Altura:						
Poceta:	Altura:						
Ancho:	Largo:						
Solado:							
Descole:							

Observación: Las fotografías incluidas son de guardaruedas y la salida de la alcantarilla respectivamente.

Hoja **34** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	1	Doble	

Características del ducto

Longitud (m)	9
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:		Presenta un árbol al ingreso, que ayuda con la disipación de energía del agua				
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
Longitud:	Altura:					
Aletas:	Altura inicial:					
Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Longitud:	Espesor:				
Solado:	Ancho:	Largo:				
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
Longitud:	Altura:					
Aletas:	Altura inicial:					
Longitud:	Altura final:					
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Longitud:	Espesor:				
Solado:	Ancho:	Largo:	Presenta socavación en la parte baja de la estructura	6,3	m2	58
Descole:						

Hoja **35** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	0,8	Doble	

Características del ducto

Longitud (m)	18
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema	
			Cant	Unid			
Encole:		Totalmente colmatada con material rocoso		1,68	m3	59	
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
	Muro de acompañamiento:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Poceta:	Altura:					
	Ancho:	Largo:					
	Solado:						
Ducto:		Totalmente colmatado		18	m		
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
	Muro de acompañamiento:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Poceta:	Altura:					
	Ancho:	Largo:					
	Solado:						
Descole:		Totalmente colmatada a la salida		3,179	m3	60	

Observación: Las fotografías indican colmatación total a la entrada y salida de la alcantarilla

Hoja **36** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

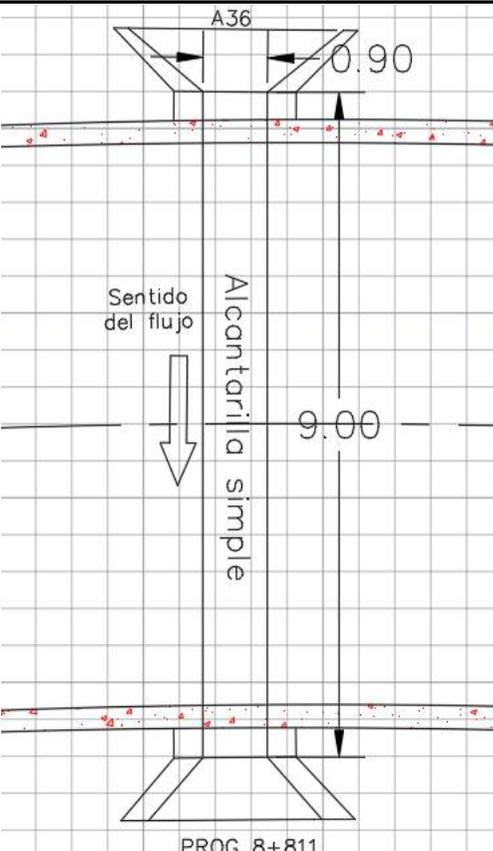
Longitud (m)	9
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Altura:					
Ancho:	Largo:					
Solado:						
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Altura:					
Ancho:	Largo:					
Solado:						
Descole:						

Observación: Las fotografías indican el buen estado tanto en la entrada y salida de la alcantarilla

Hoja **37** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	0,9	Doble	

Características del ducto

Longitud (m)	9,1
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:		Acumulación de sedimento y vegetación	1,125	m3	61	
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
	Muro de acompañamiento:					
	Longitud:	Espesor:				
	Poceta:	Altura:				
	Ancho:	Largo:				
	Solado:					
Ducto:		Colmatación en el ducto en un 45%	9,1	m		
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
	Muro de acompañamiento:					
	Longitud:	Espesor:				
	Poceta:	Altura:				
	Ancho:	Largo:				
	Solado:					
Descole:		Acumulación y sedimento a la salida en un 30%, y vegetación en crecimiento.	0,9	m3	62	

Hoja **38** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	√	Simple	√
Diámetro	0,9	Doble	

Características del ducto

Longitud (m)	8,5
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
√	√
√	√
√	√

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema	
			Cant	Unid			
Encole:		Totalmente colmatado con material suelto.		5,44	m3	63	
Estructura de entrada	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:						
	Ducto:		Totalmente colmatado en el 100%		8,5	m	
Estructura de salida	Muro cabezal: Espesor: Longitud: Altura: Guardaruedas: Espesor: Longitud: Altura: Aletas: Altura inicial: Longitud: Altura final: Muro de acompañamiento: Longitud: Espesor: Poceta: Altura: Ancho: Largo: Solado:						
	Descole:		Totalmente colmatado a la salida con material suelto		4,624	m3	64

Hoja **39** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,9	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

Longitud (m)	9
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema	
			Cant	Unid			
Encole:		Totalmente colmatado hasta el nivel del guardarruedas		4,6	m3	65	
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
	Muro de acompañamiento:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Poceta:	Altura:					
	Ancho:	Largo:					
	Solado:						
Ducto:		Colmatado en un 75%		9	m		
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Guardaruedas:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Aletas:	Altura inicial:					
	Longitud:	Altura final:					
	Muro de acompañamiento:	Espesor:					
	Longitud:	Altura:					
	Poceta:	Altura:					
	Ancho:	Largo:					
	Solado:						
Descole:		La salida esta sedimentada en un 50% de material suelto		1,2	m3	66	

Hoja **40** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	1,2	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

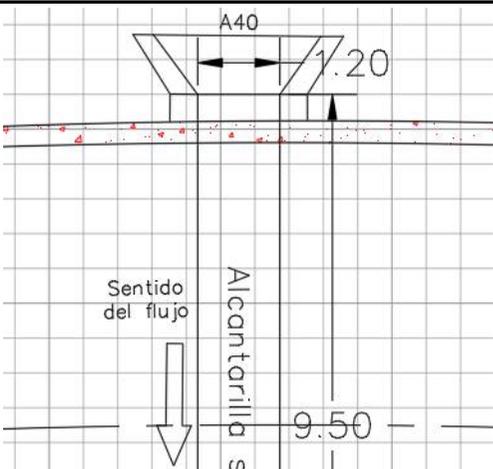
Longitud (m)	9,5
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema
			Cant	Unid		
Encole:						
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial:				
	Longitud:	Altura final:				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Ancho:	Altura:				
Solado:		Largo:				
Ducto:						
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:	Presenta socavación a los laterales de las aletas	1,4	m2	67
	Longitud:	Altura:				
	Guardaruedas:	Espesor:				
	Longitud:	Altura:				
	Aletas:	Altura inicial: 0,4 m				
	Longitud: 1,6 m	Altura final: 1,9 m				
Muro de acompañamiento:	Longitud:	Espesor:				
Poceta:	Ancho:	Altura:				
Solado:		Largo:				
Descole:						

Observación: La fotografía muestra la socavación a la salida de la alcantarilla

Hoja **41** de **41**

Tipo de alcantarilla

Tubería	<input checked="" type="checkbox"/>	Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
Diámetro	0,6	Doble	<input type="checkbox"/>

Características del ducto

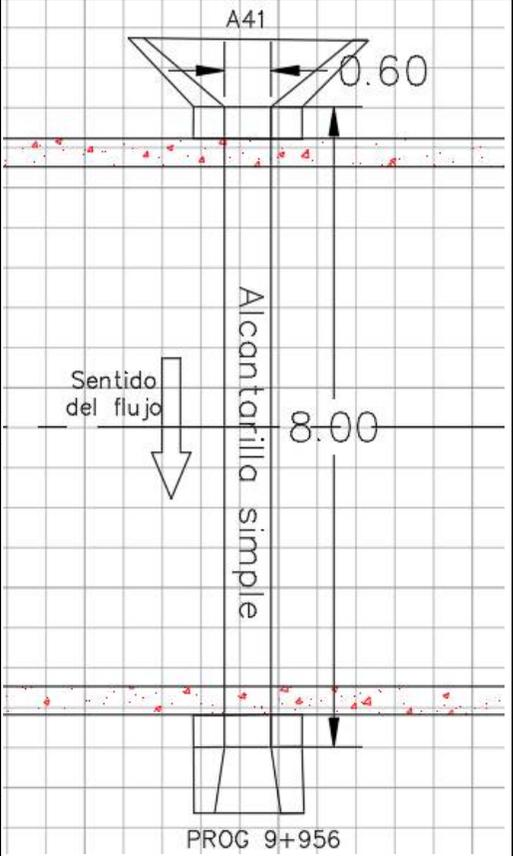
Longitud (m)	8
Material	Metálico

Elementos de la alcantarilla

Estructura de conducción:
 Murocabezal:
 Guardaruedas:
 Aletas:
 Muro de acompañamiento:
 Poceta o lavadero:

Entrada	Salida
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dimensiones de los elementos, registro de daños y cuantificación

Elementos		Registro de daños	Cuantifica		Fot N°	Esquema		
			Cant	Unid				
Encole:		Colmatación total de la alcantarilla			m3			
Estructura de entrada	Muro cabezal:	Espesor:						
	Longitud:	Altura:						
	Guardaruedas:	Espesor:						
	Longitud:	Altura:						
	Aletas:	Altura inicial:						
	Longitud:	Altura final:						
Muro de acompañamiento:		Espesor:						
Poceta:		Altura:						
Solado:		Largo:						
Ducto:								
Estructura de salida	Muro cabezal:	Espesor:	Presenta socavación a los laterales de las aletas con un profundidad aproximada de 50 cm	0,96	m2	70 y 71		
	Longitud:	Altura:						
	Guardaruedas:	Espesor:						
	Longitud:	Altura:						
	Aletas:	Altura inicia 0,2 m						
	Longitud: 1,6 m	Altura final: 1,4 m						
Muro de acompañamiento:		Espesor:						
Poceta:		Altura:						
Solado:		Largo:						
Descole:								

Observación: La fotografía incluida muestra la colmatación total a la entrada de la alcantarilla.

3.8.5 Análisis de resultados

Cunetas:

En este proyecto se analizará los daños que pueden ocasionar el estancamiento de aguas y las distintas severidades en la carretera.

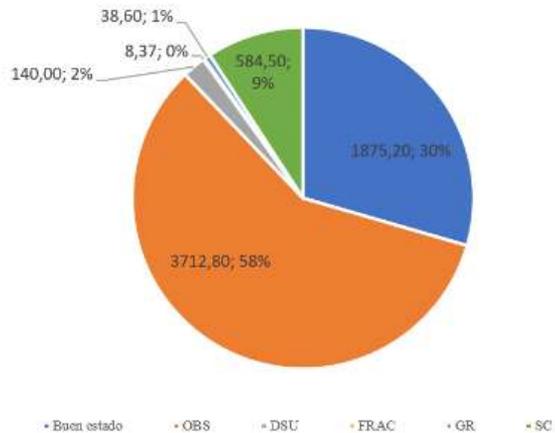
Por lo tanto, necesitamos conocer el estado actual de las cunetas y que daños están afectando directamente a la condición de la estructura de pavimento.

Tabla 32. Análisis de condiciones y severidades para daños en cunetas

Obstrucción	Desgaste	Fracturamiento	Grietas	Separación	Severidad
OBS	DSU	FRAC	GR	SC	
3522,8	105	6,28		230	Alta
190			31,9	285	Media
			6,7	69,5	Baja
3712,8	105	6,28	38,6	584,5	Total
m	m ²	m ²	m	m	Unidad

Fuente: Elaboración Propia

Figura 20. Análisis de daños en cunetas



Fuente: Elaboración Propia

- ✓ Se encuentran en buen estado 1875 metros lineales de cunetas.
- ✓ Presenta Obstrucción en 3712 metros lineales de cunetas.
- ✓ Existe un Desgaste de severidad alta en una área de 105 m².
- ✓ Los bloques presentan separaciones o Fracturamiento de severidad alta en un área aproximada de 6.28 m²,
- ✓ Presenta grietas de severidad media y baja en 38 metros lineales.

- ✓ Existe separación entre calzada y la cuneta de severidad alta, media y baja en 584 m.

Longitud total de cunetas en el tramo Septapas-Animas= 5580 m

Como se puede apreciar en el siguiente gráfico la mayoría de las cunetas están colmatadas o presentan algún tipo de severidad las cuales generan, directa o indirectamente un estanque de aguas en las cunetas lo cual disminuye considerablemente la vida útil de las carreteras dañando la estructura de pavimento.

Según el resumen de daños:

- ✓ El estanque de aguas está afectando en un 9% de la longitud total de cunetas, causando severidades tales como grietas, fisuras de borde, y piel de cocodrilo.

Según el **cálculo hidráulico** y las medidas tomadas en campo de las cunetas se pudo llegar de manera satisfactoria a resultados mas exactos, los cuales en función al tipo de suelo, pendiente, tipo de material usado en la construcción, se pudo obtener de manera satisfactoria la capacidad hidráulica de las cunetas.

- ✓ El tramo cuenta con un solo tipo de cuneta que es forma triangular de diferentes taludes.
- ✓ La capacidad o área hidráulica de las cunetas es aproximadamente de 0,06 m².
- ✓ En la progresiva 8+125 se encuentra la cuneta de mayor longitud con 342 m, y también es la que más caudal hidrológico descarga en la alcantarilla n° 23. Su capacidad hidráulica es mayor al caudal hidrológico.
- ✓ Según los cálculos realizados en el tramo en estudio, para evitar que una cuneta rebalsé no debe exceder en 350 metros lineales.

Alcantarillas

Análisis de daños: La principal causa que se presenta en las alcantarillas según el manual INVIAS es la sedimentación, con las distintas severidades que se muestran a continuación:

Cantidad total: 41 Alcantarillas

Severidad		
Limpias	16	39,0%
Alta	10	24,4%
Media	8	19,5%
Baja	7	17,1%

Las causas secundarias que se presentan en las alcantarillas, pero que no afectan en el funcionamiento hidráulico de la alcantarilla son las siguientes:

Daño	Cantidad	Severidad	
Grietas	GR	9	Baja
Socavación	SoC	5	Alta
Socavación	SoC	1	Baja
Desportillamiento	DPT	2	Baja
Limpias		24	
Total		41	

Análisis hidráulico:

Según el dimensionamiento hidráulico 26 de las 41 alcantarillas están sobredimensionadas, es importante tomar en cuenta las áreas de aporte de las microcuencas, la pendiente y el tipo de suelo para un diseño óptimo, cuando el área de las microcuencas es muy pequeña es mejor construir solamente cunetas para evitar la inversión innecesaria de una alcantarilla.

A continuación se detallará las características del tramo en estudio:

- ✓ El diámetro adoptado más común en el tramo en estudio es de 0.6 y 0.9 m.
- ✓ La pendiente en las alcantarillas varía del 1 al 5%.
- ✓ Se presentó colmatación de alcantarillas en lugares donde el tipo de material era aluvial suelto.
- ✓ La alcantarilla N° 2,7,9,38 y 39 no se tomó en cuenta el área de aporte y tampoco la pendiente del terreno para su diseño, donde simplemente era construir cunetas y así evitar gastos innecesarios en la construcción de alcantarillas.
- ✓ Para el diseño hidráulico se usó expresiones polinómicas de quinto grado que entregan la carga hidráulica a la entrada directamente, resultados similares a los obtenidos mediante los ábacos o gráficos.

3.8.5.1 Condición General del Camino

El agua es un factor principal, ya que si el flujo se estanca en la cunetas puede existir infiltraciones en la carretera debilitando la estructura de pavimento. (El agua, el tiempo y el tráfico son factores que afectan directamente la plataforma) .

Cuando una alcantarilla colapsa, por sedimentación, falla estructural o por un diseño inadecuado el agua puede fluir transversalmente afectando la carretera.

A continuación se detallará los daños ocasionados en la carretera:

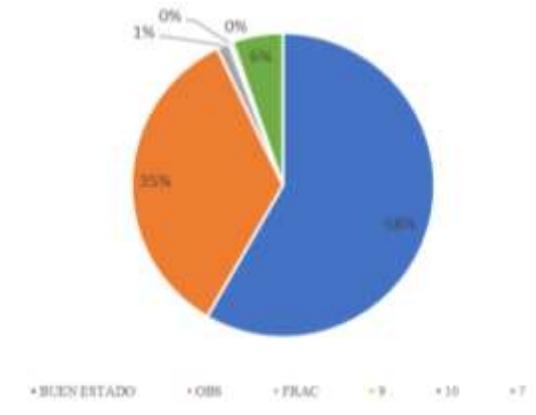
La condición PCI de la carretera se realizó de manera preliminar:

- ✓ La condición general del camino varía de MUY BUENO a EXCELENTE según la metodología PCI con fallas de severidad baja en su mayoría.

Índice de condición de pavimento(PCI): 84.6 Clasificación: Muy Bueno

- ✓ Según el PCI, las fallas más comunes en el tramo son Fisuras de Borde, Grietas longitudinales y desnivel carril-berma de severidad baja a alta.
- ✓ La influencia del agua afecta en un 6% la condición del pavimento ocasionando fisuras de borde y grietas longitudinales. Y en 1% se necesita reconstrucción total de las cunetas y reconstrucción de desnivel carril berma.

Figura 21. Análisis de daños en la carretera



Fuente: Elaboración propia

Buen estado, Obstrucción, Fracturamiento o rotura de elemento, 9: Desnivel carril-berma, 10: Fisuras longitudinales, 7: Fisuras de borde.

3.8.6 Cómputos Métricos

1: Limpieza de cunetas								(m3)	582,6
N°	Partida			L(m)			Volumen (m3)		
	0,135								
1	0+000			85			1,84		
2	0+461			145			19,58		
3	0+610			119			33,56		
4	0+852			85			15,48		
5	0+945			135			18,23		
6	0+970			98			1,47		
7	1+491			111			16,34		
8	1+608			101			15,04		
9	2+050			175			26,63		
10	2+070			6			0,36		
11	2+430			52			0,63		
12	2+486			182			6,14		
13	2+499			2			0,20		
14	2+791			138			18,63		
15	3+015			98			23,03		
16	3+351			40			5,40		
17	3+387			3			0,10		
18	3+480			119			15,92		
19	3+490			110			14,85		
20	3+720			131			17,69		
21	3+863			15			2,03		
22	4+149			80			10,80		
23	5+060			44			2,64		
24	5+476			113			37,86		
25	5+600			252			59,22		
26	5+670			69			6,47		
27	6+190			57			7,70		
28	6+440			138			2,07		
30	7+212			56			3,36		
31	7+316			15			2,03		
32	7+917			9			1,22		
34	8+125			83			7,78		
35	8+469			70			9,45		
36	8+500			70			1,05		
37	8+752			5			1,43		
38	8+820			115			15,53		

39	8+907			96				12,96
40	9+013			77				18,10
41	9+051			9				1,22
42	9+095			57				7,70
43	9+211			163				34,01
44	9+215			31				4,19
45	9+622			60				14,10
46	6+622			59				13,87
47	9+760			82				18,57
48	9+842			154				36,19

2: Construcción de cunetas revestidas								ml	146.1
--	--	--	--	--	--	--	--	-----------	--------------

N°	Pinicio			L(m)	A(m²)			V(m³)
3	0+610			141.4	99			9,9
6	0+970			1.1	0,75			0,075
10	1+491			0.8	0,56			0,056
15	3+015			2.2	1,54			0,154
29	6+950			0.6	0,41			0,041

3: Limpieza de alcantarillas **m³** **142,4**

N°	D (m)	Parcial		L (m)	Área (m ²)	%	Volumen (m ³)	Total (m ³)
		(m ³)	(m ³)					
1	0,80	2,88	1,50	11,5	1,01	40%	4,62	9,00
2	0,80	0,40	1,60		1,01		0,00	2,00
4	0,80	0,94	3,21	9,5	1,01	80%	7,64	11,79
6	0,90	2,00			1,27		0,00	2,00
7	0,90	0,76		8,2	1,27	10%	1,04	1,80
9	0,90	3,83	2,03	9,0	1,27	100%	11,45	17,30
11	0,90	1,51	0,23	18,0	1,27	40%	9,16	10,90
12	0,80	0,20	0,27	12,3	1,01	18%	2,23	2,70
13	0,90	0,15		9,0	1,27	9%	1,03	1,18
16	0,60	0,31	0,10	8,2	0,57	9%	0,42	0,83
20	0,90			9,0	1,27	6%	0,69	0,69
23	0,90	0,27			1,27		0,00	0,27
24	0,90	1,84	1,05	9,0	1,27	10%	1,15	4,03
25	0,90	0,74			1,27		0,00	0,74
26	0,90	0,73			1,27		0,00	0,73
27	0,90	0,46	0,68	9,8	1,27	8%	1,00	2,13
28	0,90	0,72	1,13	9,8	1,27	20%	2,49	4,34
29	0,90	0,36	0,68	9,8	1,27	11%	1,37	2,41
35	0,80	1,68	3,18	18,0	1,01	100%	18,10	22,95
37	0,90	1,13	0,90	9,1	1,27	45%	5,21	7,24
38	0,90	5,44	4,62	8,5	1,27	100%	10,81	20,88
39	0,90	4,62	1,20	9,0	1,27	75%	8,59	14,41
41	0,60	2,04			0,57		0,00	2,04

3.8.7 Precios unitarios

Datos Generales					
Proyecto:	Presupuesto mantenimiento vial				
Actividad:	Limpieza de Cunetas				
Cantidad:	582,6		Moneda:	Bs.	
Unidad:	m ³		N° Ítem:	1	
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
1: Materiales					
Total Materiales					0
2: Mano de Obra					
1	Superintendente	hh	0,01	38,00	0,38
2	Operador	hh	0,03	18,75	0,62
3	Ayudante operador	hh	0,03	13,33	0,40
4	Chofer	hh	0,01	12,50	0,15
5	Peón	hh	0,10	10,00	1,00
Sub total Mano de Obra					2,55
Gasto directo total					2,5
75%	Beneficios Sociales 55-75% del sub total M. O.				1,91
14,94%	Impuestos IVA M.O. = 14,94% (del Sub Total de M. O. + Cargas Sociales)				0,67
Total Mano de Obra					5,13
3: Equipo, Maquinaria y Herramientas					
	Camión Volquete a Diesel >10m ³	hm	0,025	45,39	1,13
	Cargador Frontal GR>100Hp	hm	0,022	420	9,24
	Tractor Tipo D-7> 180hp	hm	0,018	530	9,54
5%	Herramientas Menores 5 % de la mano de obra				0,26
Total Equipo, Maquinaria y Herramientas					20,17
4: Gastos Generales y Administrativos					
15%	Gastos Generales (1+2+3)				3,79
5: Utilidad					
10%	Utilidad 0 a 10% (1+2+3+4)				2,91
6: Impuestos					
3,09%	Impuestos I. T. 3,09% (1+2+3+4+5)				0,99
Total Ítem Precio Unitario(1+2+3+4+5+6) (Bs.)					33,0

Datos Generales					
Proyecto:	Presupuesto mantenimiento vial				
Actividad:	Construcción de cunetas revestidas				
Cantidad:	142.09	Moneda:	Bs.		
Unidad:	ml	N° Ítem:	2		
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
1: Materiales					
1	Grava sin sobre tamaño procesada	m ³	0,16	180,00	28,80
2	Arena zarandeada	m ³	0,12	150,00	18,00
3	Cemento 50 kg.	Bls	0,70	50,00	35,00
4	Madera Construcción	p ²	0,85	7,00	5,95
5	Piedra	m ³	0,25	130,00	32,50
Total Materiales					120,25

2: Mano de Obra					
1	Capataz	hh	0,25	25,00	6,25
2	Chofer	hh	0,15	12,50	1,88
3	Peón	hh	0,80	10,00	8,00
4	Albañil	hh	0,80	18,50	14,80
Sub total Mano de Obra					30,93
Gasto directo total					151,2
75%	Beneficios Sociales 55-75% del sub total M. O.				23,19
14,94%	Impuestos IVA M.O. = 14,94% (del Sub Total de M. O. + Cargas Sociales)				8,09
Total Mano de Obra					62,20

3: Equipo, Maquinaria y Herramientas					
	Camión Volquete a Diesel <8m ³	hm	0,15	56,38	8,46
	Mezcladora de hormigón	hm	0,35	30	10,50
5%	Herramientas Menores 5 % de la mano de obra				3,11
Total Equipo, Maquinaria y Herramientas					22,07

4: Gastos Generales y Administrativos					
15%	Gastos Generales (1+2+3)				30,68

5: Utilidad					
10%	Utilidad 0 a 10% (1+2+3+4)				23,52

6: Impuestos					
3,09%	Impuestos I. T. 3,09% (1+2+3+4+5)				7,99
Total Ítem Precio Unitario(1+2+3+4+5+6) (Bs.)					266,7

Datos Generales					
Proyecto:	Presupuesto mantenimiento vial				
Actividad:	Limpieza de alcantarillas				
Cantidad:	142,4		Moneda:	Bs.	
Unidad:	m3		N° Ítem:	2	
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total	
1: Materiales					
Total Materiales					0
2: Mano de Obra					
1	Capataz	hh	0,25	25,00	6,25
2	Chofer	hh	0,15	12,50	1,88
3	Peón	hh	0,30	10,00	3,00
Sub total Mano de Obra					11,13
	Gasto directo total				11,1
75%	Beneficios Sociales 55-75% del sub total M. O.				8,34
14,94%	Impuestos IVA M.O. = 14,94% (del Sub Total de M. O. + Cargas Sociales)				2,91
Total Mano de Obra					22,38
3: Equipo, Maquinaria y Herramientas					
5%	Herramientas Menores 5 % de la mano de obra				1,12
Total Equipo, Maquinaria y Herramientas					1,12
4: Gastos Generales y Administrativos					
15%	Gastos Generales (1+2+3)				3,52
5: Utilidad					
10%	Utilidad 0 a 10% (1+2+3+4)				2,70
6: Impuestos					
3,09%	Impuestos I. T. 3,09% (1+2+3+4+5)				0,92
Total Ítem Precio Unitario(1+2+3+4+5+6) (Bs.)					30,6

3.8.7.1 Presupuesto general de mantenimiento

Ítem	Actividad	Unidad	Cant.	Precio unitario	Total (bs)
1	Limpieza de cunetas	m ³	582,6	32,99	19220,12
2	Construcción de cunetas revestidas	ml	146,09	266,71	38964,23
3	Limpieza de Alcantarillas	m ³	142,4	30.64	4363.31
Total (Bs)					62547.66

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO IV

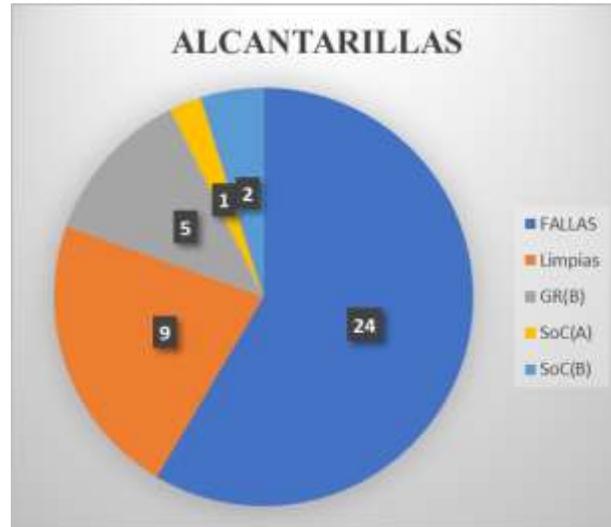
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- ✓ Con el procesamiento de la información hidrológica de la estación “El Puente”, se pudo obtener las precipitaciones máximas de 37.40 mm y 43.72 mm, para los periodos de retorno de 10 y 50 años respectivamente para un tiempo de concentración de 10 minutos.
- ✓ Para la determinación del caudal máximo de diseño se usó el método racional ya que las áreas de aporte a las alcantarillas son menores a 10 km². Donde se ha obtenido para el diseño un caudal que varía entre 0.02 y 1.94 m³/s.
- ✓ Gracias a la información hidrológica, información cartográfica, pendiente de las alcantarillas, cunetas y diámetro se ha llegado de manera satisfactoria a la evaluación del sistema de drenaje.
- ✓ Gracias al dimensionamiento hidráulico de las alcantarillas se pudo apreciar que 26 de las alcantarillas están sobredimensionadas, pero hay que tomar la sedimentación del lugar.
- ✓ Debido a que la mayoría de las cunetas están colmatadas en algunos tramos presentan socavación de la carretera.
- ✓ Otras causas de socavación son las grandes velocidades de flujo en las cunetas.
- ✓ Gracias al manual de inspección visual del INVIAS se obtuvo como resultado que el tramo en estudio se encuentra en una situación crítica o de severidad alta. Ya que la mayoría de las cunetas están colmatadas, y en más de un 20% del total de alcantarillas. (Severidad OBSTRUCCIÓN)



- ✓ También se pudo identificar otras fallas en las alcantarillas, pero aún no están afectando en su funcionamiento hidráulico y estructural.



Gr(B):Grietas severidad baja, Soc(A):Socavación severidad alta

4.2 Recomendaciones

- ✓ Se recomienda realizar un estudio hidrológico para el diseño de obras de arte menor y tomar en cuenta la sedimentación del lugar.
- ✓ Realizar limpieza 2 veces al año de las cunetas y alcantarillas para alargar la vida útil de la carretera.
- ✓ Reconstrucción y construcción de cunetas.