

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES.-

El presente proyecto pretende atender los requerimientos de las comunidades de El Saire y Rincón Grande pertenecientes al Municipio de Padcaya proponiendo un Proyecto de Ingeniería de apertura de camino en una 2da Fase que cumpla con los criterios y normas establecidas en el país.

La realización del estudio de Ingeniería dentro del camino, proporcionará de una base sólida del desarrollo sostenible de los beneficiarios con el proyecto, a su vez generará un efecto positivo en las familias que habitan el área de influencia directa y sobre el desarrollo de sus actividades socioeconómicas, ya que su ejecución contribuirá al mejoramiento de las condiciones de vida y el desarrollo de la población, proporcionando un sistema de producción y comercialización más seguro a las familias que habitan en dichas comunidades. El proyecto permitirá una mayor comercialización de los productos que se producen en esta zona. En este sentido, que la implementación del Estudio de Ingeniería para el tramo de camino mencionado es de gran importancia para la región, ya que permitirá mejorar los niveles de producción y comercialización de las comunidades y por tanto se incrementarán los ingresos familiares percibidos por la actividad agrícola y pecuaria.

El área de influencia del proyecto cuenta con terrenos aptos para el cultivo y producción agrícola, lo cual hace indispensable y de mucha importancia para la realización de la ingeniería del proyecto.

1.2. JUSTIFICACIÓN.-

El crecimiento que se pretende lograr en el desarrollo de la Provincia Arce, debe empezar por vincular las comunidades mediante la apertura de Caminos los cuales

serán el primer paso para posteriores proyectos, en tal sentido el proyecto se justifica como una necesidad dentro de la comunidad en la zona de estudio dentro del Municipio de Padcaya comprendiendo las comunidades de El Saire y Rincón Grande. Comunidades como El Saire y Rincón Grande los cuales no cuentan con un camino, siendo el camino de herradura su único medio de comunicación, la ejecución del proyecto será de gran impacto en las regiones demandantes desde el punto de vista social como económico, de igual manera irá a satisfacer, apoyar, incentivar y generar mayores rendimientos en los productores los cuales podrán tener mayor facilidad de poder llevar sus productos a mercados de consumo abrirá puertas para la distribución, comercialización de los mismos, conllevando a tener mayores ingresos económicos con el fin de mejorar la calidad de vida de los comunarios de la zona.

Desde el punto de vista de la sociedad el proyecto se justifica, porque se creara una vinculación y/o conexión mediante un camino en buenas condiciones de transitabilidad con sus respectivas obras de arte menor para la preservación del camino desde la comunidad de El Saire y Rincón Grande.

Desde el punto de vista económico se realizó una evaluación económica tomando dos posibles alternativas de trazo, en donde se seleccionó la alternativa en donde se ahorra más recursos económicos, pero cumpliendo desde un principio con los parámetros necesarios requeridos por la Norma ABC.

1.3. SITUACIÓN PROBLÉMICA.-

Una de las dificultades que se presentan frecuentemente en las comunidades alejadas, es la ausencia de vías de comunicación en buenas condiciones, para realizar el traslado de los productos de la zona a lugares de venta.

1.3.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

El principal problema radica en la no existencia de un camino en buenas condiciones perjudicando de esta manera en: el traslado de la mercadería de los comunarios, el

movimiento cómodo de los jóvenes que asisten a la escuela de Rincón Grande y la ejecución de más proyectos en beneficio de la comunidad para su desarrollo.

1.3.2. OBJETO DEL ESTUDIO.-

Ingeniería de Proyecto para la apertura de un camino desde la comunidad El Saire-Rincón Grande en una segunda fase.

1.3.3. CAMPO DE ACCIÓN.-

Procedimientos técnicos de la ingeniería como ser: la Topografía, Diseño Geométrico, Hidrología, Hidráulica, para poder diseñar un camino que cumpla con todos los parámetros considerados por la norma ABC de acuerdo a las características del terreno.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Ejecutar la Ingeniería del proyecto para la apertura del camino desde la comunidad El Saire a la comunidad de Rincón Grande, mediante evaluaciones Técnico – Económicas para conocer la alternativa más viable desde los dos puntos de vista.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desde el punto de vista Técnico:

- Realizar la topografía del terreno para conocer la forma de la superficie en donde se emplazará el camino.
- Para el diseño geométrico se manejará los parámetros señalados en el manual de la norma ABC Vol.-1 (Manual del diseño geométrico).
- Para el diseño Hidrológico e Hidráulico se manejará la norma ABC Vol. II (Manual de Hidrología y Drenaje).

Desde el punto de vista Económico:

- Realizar una evaluación económica de alternativas para recomendar cual es la alternativa más económica, logrando de esta manera ahorrar y manejar de buena manera los recursos.

1.5. HIPÓTESIS.-

A partir de la ejecución de la ingeniería del proyecto y evaluaciones técnico-económicas de las alternativas viales planteadas, obtener el diseño de un camino en óptimas condiciones de transitabilidad, que vincule las comunidades de El Saire y Rincón Grande de forma directa.

1.6. ALCANCE GLOBAL.-

Se realizara la Ingeniera de Proyecto para la apertura de un camino que une a la comunidad de El Saire con Rincón Grande en una segunda fase, la misma que cuenta con una longitud de 8,69 Km, en donde se tiene contemplado realizar todo el diseño Geométrico y de acuerdo a las características del terreno la creación de las siguientes actividades de las cuales se mencionan las mas importantes, colocación de obras de arte menor como ser 44 alcantarillas de cruce para la evacuación de las aguas superficiales de diámetros de 42”, 48” y 54”; 7,49 Km de cunetas revestidas de mampostería de piedra para la recolección y derivación de las aguas captadas de la plataforma y parte del área del derecho de vía, 5,5 Km de ripiado de la plataforma en tramos seleccionados con un espesor de 15cm, 253.110,44 m³ de excavación en terreno común, 12.594,41 m³ de excavación en terreno semiduro y 14.502,25m³ de relleno y compactado de material.

Previamente a la realización de las actividades mencionadas se debe realizar el estudio hidrológico e hidráulico para determinar los caudales y dimensiones de las obras de arte.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2. FUNDAMENTO TEÓRICO.

2.1. SELECCIÓN ALTERNATIVA DE CAMINO

2.1.1. ASPECTOS GENERALES.-

Para realizar la selección de las alternativas de rutas del proyecto mediante la evaluación del trazado de rutas, se requiere conocer el Sistema de Clasificación Funcional para el diseño del camino.

2.1.2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN.-

Categoría de las vías

La clasificación para diseño de acuerdo a la Administradora Boliviana de Carreteras, consulta seis categorías divididas en dos grupos, ellas son:

Tabla 1

Sistema de Clasificación

Nº	GRUPO	CATEGORIA
1	Carreteras	Autopistas
		Autorrutas
		Primarias
2	Caminos	Colectores
		Locales
		Desarrollo

Fuente: Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geométrico-ABC

Cada categoría se subdivide según las Velocidades de Proyecto (V_p) la cual anteriormente se la denominaba Velocidad de Diseño, consideradas al interior de la

categoría. Las Vp más altas corresponden a trazados en terrenos Llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terrenos montañosos. El alcance general de dicha terminología es:

Terreno Llano: Está construido por amplias extensiones libres de obstáculos naturales y una cantidad moderada de obras construidas por el hombre, lo que permite seleccionar con libertad el emplazamiento del trazado haciendo uso de muy pocos elementos de características mínimas. El relieve puede incluir ondulaciones moderadas de la rasante para minimizar las alturas de cortes y terraplenes; consecuentemente la rasante de la vía estará comprendida mayoritariamente entre +/- 3%.

Terreno Ondulado: Está constituido por un relieve con frecuentes cambios de cota que si bien no son demasiado importantes en términos absolutos, son repetitivos, lo que obliga a emplear frecuentemente pendientes de distintos sentidos que pueden fluctuar entre el 3 al 6% según la categoría de la ruta Según la importancia de las ondulaciones se podrá tener un Ondulado medio o uno Franco o Fuerte.

Terreno Montañoso: Está constituido por cordones montañosos o “Cuestas”, en las cuales el trazado salva desniveles considerables en términos absolutos. La rasante del proyecto presenta pendientes sostenidas de 4 al 9% según la categoría del camino ya sea subiendo o bajando. En consecuencia el empleo de elementos de características mínimas será frecuente y obligado.

La Tabla 5.2, que se presenta a continuación resume las características principales según categorías.

Tabla 2
CLASIFICACION FUNCIONAL PARA DISEÑO
CARRETERA Y CAMINOS RURALES

CATEGORIA		SECCION TRANSVERSAL		VELOCIDADES DE PROYECTO (Km/h)	CODIGO TIPO
		Nº CARRILES	Nº CALZADAS		
Autopista	(O)	4 ó + UD	2	120-100-80	A (n) - xx
Autoruta	(I.A)	4 ó + UD	2	100-90-80	AR (n) - xx
Primario	(I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100-90-80	P (n) - xx
		2 BD	1	100-90-80	P (2) - xx
Colector	(II)	4 ó + UD	2 (1)	80-70-60	C (n) - xx
		2 BD	1	80-70-60	C (2) - xx
Local	(III)	2 BD	1	70-60-50-40	L (2) - xx
Desarrollo		2 BD	1	50-40-30*	D - xx

UD= Unidireccionales

BD= Bidireccionales

(n)= Numero total de carriles

xx= Velocidad de proyecto (Km/h)

* = menor que 30Km/h en sectores puntuales conflictivos

Fuente: Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geométrico-ABC

En la última columna se dan ejemplo de los códigos estandarizados.

- La categoría de la Carretera o Camino se indica mediante, la inicial del nombre que le corresponde.
- En paréntesis se indica el número total de carriles.
- Seguido de un guión se anota la Velocidad de Proyecto (Vp).

La definición conceptual de las categorías se presenta en los siguientes Literales:

- **Autopista (O)**

Son carreteras nacionales diseñadas desde su concepción original para cumplir con las características y niveles de servicio que se describen a continuación. Normalmente su emplazamiento se sitúa en terrenos rurales donde antes no existían obras viales de alguna consideración, que impongan restricciones a la selección del trazado y pasando a distancias razonablemente del entorno suburbano que rodea las ciudades o poblados (circunvalación).

Están destinadas a servir prioritariamente al tránsito de paso, a los que se asocian longitudes de viaje considerables, en consecuencia deberán diseñarse para velocidades de desplazamiento elevadas, pero en definitiva con compatible con el tipo de terreno en que ellas se emplazan. Todo lo anterior debe lograrse asegurando altos estándares de seguridad y comodidad.

En ellas se autoriza solo la circulación de vehículos motorizados especialmente diseñados para el transporte de pasajeros y carga, quedando prohibido el tránsito de maquinaria autopropulsada (Agrícola, construcción, etc.)

Las velocidades de proyectos según el tipo de emplazamiento son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 120 Km/h
- Terreno Ondulado Fuerte 100 Km/h
- Terreno Montañoso 80 Km/h

- **Autorrutas (I.A)**

Son carreteras Nacionales existentes a las que se les ha construido o se le construirá una segunda calzada prácticamente paralela a la vía original. Normalmente se emplazan en corredores a lo largo de los cuales existen extensos tramos con desarrollo urbano, industrial o agrícola intensivo, muy próximo a la faja de la carretera.

Están destinadas principalmente al tránsito de paso, de larga distancia, pero en muchos subtramos sirven igualmente al tránsito interurbano entre localidades próximas entre sí. Podrán circular por ellas toda clase de vehículos motorizados incluso aquellos que para hacerlo deban contar con una autorización especial y que no estén expresamente prohibidos o cuyo tipo de rodado pueda deterior la calzada.

Las velocidades de proyecto son:

- Terreno Llano a Ondulado Fuerte 100 y 90Km/h
- Terreno Montañoso 80 Km/h

- **Carreteras Primarias (I.B)**

Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes de demanda medios a altos, que sirven al tránsito de paso con recorridos de larga y mediana distancia, pero que sirven también un porcentaje importante de tránsito de corta distancia, en zonas densamente pobladas.

Las velocidades de proyecto consideradas son las mismas que para las autorutas, de modo que en el futuro mediante un cambio de estándar puedan adquirir las características de autorruta:

Tabla 3
VELOCIDADES DE PROYECTO
PARA CARRETERAS PRIMARIAS

	Terreno Llano y Ondulado Fuerte	Terreno Montañoso
Calzadas Unidireccionales	100-90 Km/h	80 Km/h
Calzadas Bidireccionales	100-90 Km/h	80 Km/h

Fuente: Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geométrico-ABC

- **Caminos Colectores (I.I)**

Son caminos que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos Locales o de Desarrollo. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados. En zonas densamente pobladas se deberán habilitar carriles auxiliares destinados a la construcción de ciclo vías.

Las velocidades de proyectos consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 80Km/h
- Terreno Ondulado Fuerte 70Km/h
- Terreno Montañoso 60Km/h

Normalmente este tipo de caminos poseerá pavimento superior, o dentro del horizonte de proyecto será dotado de él, podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados y vehículos a tracción animal.

- **Caminos Locales (III)**

Son caminos que se conectan a los caminos colectores, están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente, son pertinentes las ciclo vías.

Las velocidades de proyecto consideradas son las siguientes:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 70Km/h
- Terreno Ondulado Fuerte 60Km/h
- Terreno Montañoso 50 y 40Km/h

- **Caminos de Desarrollo**

Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitaran vehículos motorizados y vehículos a tracción animal. Su función principal es la de posibilitar transito permanente aun cuando las velocidades sean reducidas, de hecho las velocidades de proyecto que se indican a continuación son niveles de referencia que podrán ser disminuidos en sectores conflictivos:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 50 y 40Km/h
- Terreno Ondulado Fuerte a Montañoso 30Km/h

2.1.3. EVALUACIÓN DEL TRAZADO DE RUTAS.-

Para la elaboración de un Proyecto de Carretera, se siguen varias etapas, que establecen en forma clara los objetivos; dentro de esas etapas en la Ingeniería de Proyecto, se tienen sub etapas, entre las cuales se encuentra el reconocimiento y la evaluación de alternativas de rutas, para de esta manera elegir la ruta más conveniente de acuerdo a los parámetros considerados por el proyectista.

Se entiende por ruta aquella franja de terreno, de ancho variable, comprendida entre puntos obligados o de control primario y puntos intermedios o de control secundario. Los puntos obligados o de control primario son aquellos sitios extremos o intermedios por los que necesariamente deberá pasar la vía, ya sea por razones

técnicas, económicas, sociales o políticas; como por ejemplo: poblaciones, áreas productivas, puertos, puntos geográficos como valles y depresiones.

Los puntos intermedios o de control secundario son puntos intermedios de menor importancia; como por ejemplo: caseríos o pueblos, cruce de ríos o quebradas, cruce con otra vías, zonas estables, bosques.

Existen diversos métodos de evaluación de rutas y trazados alternos, con los cuales se podrá hacer la mejor selección. Dentro de estos *métodos se encuentra el de Bruce*, en el cual se aplica el concepto de Longitud virtual. Compara para cada ruta o trazado alternativo, sus longitudes, sus desniveles y sus pendientes, tomando en cuenta únicamente el aumento de longitud correspondiente al esfuerzo de tracción en las pendientes. Se expresa así:

$$x_o = x + k \sum y \quad (5-1)$$

Donde:

x_o = Longitud resistente (m)

x = Longitud total del trazado (m)

$\sum y$ = Desnivel o suma de desniveles (m)

k = Inverso del coeficiente de tracción (adi)

Tabla 4
Valores del coeficiente de tracción (k)

TIPO DE SUPERFICIE	VALORES MEDIOS DE k
Carretera en tierra	20
Macadam	35
Pavimento asfáltico	32
Pavimento rígido	44

Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras-James Cárdenas Crisales

La tabla muestra los distintos valores de k para los distintos tipos de superficie de rodamiento (Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras-James Cárdenas Grisales)

Independientemente a los parámetros tomados en cuenta mediante el método de Bruce se elegirá la alternativa que tenga menor porcentaje de roca, menor número de obras de arte y con menor luz de longitud.

El desarrollo de la elección de la alternativa elegida se la realizo en el punto 4.

2.2 DISEÑO GEOMÉTRICO

Se entiende por diseño geométrico de una carretera al proceso de correlacionar sus elementos físicos -tales como los alineamientos, pendientes, distancias de visibilidad, peralte, ancho de carril- con las características de operación, facilidades de frenado, aceleración, condiciones de seguridad, etc.

Así definido, el diseño geométrico abarca el diseño de todos los aspectos de una carretera, excepto los elementos referentes a los elementos estructurales.

Es a través del diseño geométrico que datos que son expresiones cuantitativas de la naturaleza, requerimientos e idiosincrasia de los hombres, características de los vehículos y usos de la tierra, se combinan para dar configuración a una vía que, dentro de las limitaciones económicas impuestas, satisfaga la demanda reflejada por estos datos.

Los criterios para el diseño geométrico de las carreteras se basan en una extensión matemática racional del diseño del vehículo y de sus características de operación, así como en el uso de los principios de la geometría de la física. Incluyen no solamente cálculos teóricos, sino también los resultados empíricos deducidos de numerosas observaciones y análisis del comportamiento de los conductores, reacciones humanas y capacidad de las carreteras.

A fin de establecer relaciones matemáticas, en muchas ocasiones se hace necesario formular hipótesis arbitrarias referentes a la velocidad y otros parámetros. Estas hipótesis, a través de un proceso de verificación, han contribuido a la solución de un gran número de problemas de diseño.

El diseño de carretera está orientado a definir todos los aspectos geométricos y estructurales de tal forma que una faja de terreno sea acondicionada para el tránsito vehicular.

El diseño geométrico o trazado comprenderá todos los elementos y factores que orienten a establecer un trazo definitivo entre dos o más puntos.

Toda la información obtenida del levantamiento topográfico será introducida en un programa especializado: Autodesk Land Desktop, de donde se obtendrán los cálculos detallados para las curvas horizontales, curvas verticales, perfil longitudinal, diagrama curva masa, secciones transversales y los planos bimodales.

2.2.1. CLASIFICACIÓN DE LA CARRETERA O CAMINO

2.2.1.1. VOLÚMENES DE TRÁFICO:

Función de la Carretera o Camino: Las vías de transporte están destinadas fundamentalmente a servir al tránsito de paso, a dar acceso a la propiedad colindante o bien a dar un servicio que sea combinación en ambas.

Funciones y características de las Carreteras de categorías (Autopista, Autorrutas, Primarias): En el primer caso interesa posibilitar velocidades de desplazamiento elevadas, que puedan ser mantenidas a lo largo de toda la ruta en condiciones seguras. Para que se justifiquen económicamente las inversiones que implica la infraestructura asociada a este tipo de servicio, se requiere demandas de tránsito elevadas, del orden de varios miles o decenas de miles de vehículos como promedio diario anual. Los elevados volúmenes de tránsito a que se hace referencia obligan normalmente, a pasar de carreteras de dos carriles para tránsito bidireccional a carreteras de cuatro o más carriles de destinados a tránsito unidireccional.

Lo anterior con el objeto de evitar problemas de congestión que invalidan la función asignada “permitir tránsito ininterrumpido a elevados volúmenes de demanda, en los que coexistirá vehículos rápidos y lentos (automóviles y camiones), sin que unos restrinjan la libertad de maniobra y selección de velocidad deseadas por los otros”.

Para lograr los propósitos antes mencionados resulta indispensable restringir el acceso hacia o desde la propiedad colindante y dar un tratamiento especial al cruce de la carretera con otras vías de tránsito. Normalmente este tipo de carreteras está

destinado a viajes largos y su importancia es de orden Nacional o al menos interregional, el porcentaje de kilómetros respecto del total de la red es bajo.

Funciones y características de los Caminos de categorías (Local y de Desarrollo).-

Su función principal es dar acceso a la propiedad colindante, debiendo permitir todos los movimientos que ello implica, con la consecuente restricción impuesta a los vehículos en tránsito. Su zona de influencia es limitada y por ende los volúmenes de tránsito que lo solicitan no pasan de algunos cientos como promedio diario anual. La longitud de los viajes en este tipo de caminos suele ser corta, ya que normalmente ellos empalman con otras vías de categoría superior.

La función que cumple así como los bajos volúmenes de tránsito que los utilizan, obligan por consideraciones económicas y de seguridad para usuario y habitantes de la propiedad colindante, a considerar velocidades de desplazamiento por lo general moderadas a bajas.

Mientras el tránsito no presenta un promedio diario anual superior a 150 a 250 Veh/día, difícilmente se justificaran los pavimentos por económicos que estos sean.

Estos caminos rara vez llegan a presentar problemas de congestión, pero es común que la evolución de tránsito en una ruta inicialmente construida con capa de grava llegue a justificar una superficie de rodadura pavimentada, situación que debe tenerse presente al seleccionar sus características geométricas de diseño.

Funciones y características del Camino de categoría (Colector).-

Cuando el servicio al tránsito de paso y a la propiedad colindante presenta similar importancia, y además acceden a ella numerosos caminos de tipo Local o de Desarrollo, se enfrenta una situación intermedia respecto de las antes descritas. En efecto los volúmenes de tránsito pueden fluctuar entre varios cientos y algunos miles de vehículos, pudiendo preverse en algunos casos problemas de congestión que obliguen a consultar ampliaciones a lo largo de la vida económica de la ruta. La velocidad de operación deseable en este tipo de caminos será mayor que en los

caminos de tipo Local, pero en razón de su función mixta no podrá ser tan alta como en carreteras Primarias, Autorrutas y Autopistas. Por otra parte según sean los volúmenes de tránsito previstos, el acceso a la propiedad puede verse restringido en cierta medida y el empalme o cruce con otros caminos requerirá un tratamiento especial.

Para seleccionar se toma en cuenta los siguientes indicadores:

Tránsito promedio diaria anual (TPDA): Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la ruta en la sección considerada.

Demanda Horaria: En caminos de alto tránsito es el Volumen Horario de Diseño (VHD) y no el TPDA lo que determina las características que deben otorgarse al proyecto para evitar problemas de congestión y determinar condiciones de servicios aceptables. El VHD deberá obtenerse a partir de una ordenación decreciente de los mayores volúmenes horarios registrados a lo largo de todo un año. Al graficar estos valores se podrá establecer el volumen horario de demanda máxima normal.

Según las encuestas realizadas, se concluyó que el tránsito vehicular es escaso, mucho menor a 4 vehículos día, hasta la comunidad de Rincón Grande. Por su configuración y radio de giro, el camión resulta el vehículo crítico.

Para determinar la capacidad de la carretera consideramos los parámetros más importantes que son: el ancho de carril, ancho de berma, porcentaje de vehículos pesados en la vía.

En nuestro caso nuestro aforo situado en la parte más crítica corresponde a cuatro vehículos por día, ó en otros casos dos vehículo por semana esto para sacar sus víveres hacia los centros de abasto, considerando la capacidad del camino nula.

En base al Manual de Carreteras Vol. I (Diseño Geométrico-ABC), le corresponde la Categoría ***Camino de Desarrollo***, categorización que se ratifica con la casi nula

presencia de flujo vehicular, por el tránsito de vehículos livianos y camiones medianos su composición variable según tipo de actividades agrícola.

TABLA 5
CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LAS CARRETERAS Y CAMINOS
SEGÚN LA CLASIFICACIÓN FUNCIONAL

CATEGORIA	CARRETERAS			CAMINOS		
	AUTOPISTAS	AUTORRUTAS	PRIMARIOS	COLECTORES	LOCAL	DESARROLLO
Vp (Km/h)	120-100-80	100-90-80	100-90-80	80-70-60	70-60-50-40	50-40-30
TIPO DE TERRENO	LL-O-M	LL-O-M	LL-O-M	LL-O-M	LL-O-M	LL-O-M
PISTAS DE TRANSITO	UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES O BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES O (UNIDIRECCIONALES)	BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES
FUNCION	Servicios al tránsito de paso	Prioridad absoluta	Prioridad absoluta	Consideración principal	Continuidad de tránsito, consideración secundaria	
	Servicio a la propiedad adyacente	Control total de acceso	Control total de acceso de vehículos	Control parcial de acceso	Consideración primaria	
CONEXIONES	Se conecta con	Autopistas, autorrutas, Primarios (colectores)	Autopistas, autorrutas, Primarios (colectores)	Autopistas, autorrutas, Primarios y colectores (Locales)	(Primarios) Colectores, Locales, Desarrollo	Colectores, Locales, Desarrollo
	Tipo de conexión	Enlaces	Enlaces accesos direccionales	Enlaces intersecciones (Acc. Directo)	(Intersección) acceso directo	Acceso directo
CALIDAD DE SERVICIO	Nivel de servicio (1) Años iniciales- Años horizonte	A,B,C	B(2), C(2)	B, C (D)	C (2), D	
	Tipo de flujo	Libre estable	Libre estable (prox. Inestable)	(Libre) estable (prox. Inestable)	Estable con restricción (prox. Inestable)	
	Velocidad operación (1) (3) según demanda, rango probable	115-95Km/h	95-90Km/h	95-85Km/h	80-70Km/h	70-60Km/h
TRANSITO	Volumenes típicos de tránsito al año inicial TPDA	UD>10000 confirmar factor economico	UD>5000	BD>5000; UD>3000	BD>500; UD: caso especial	Tránsito y composición variable según tipo de actividades: agrícola, turística y minera
	Tipo de vehículo	Solo vehículos diseñados para circular normalmente en carreteras	Vehículos motorizados y autorizaciones especiales	Vehículos motorizados y autorizaciones especiales	Todo tipo de vehículos	Vehículo liviano y camiones medianos

Letras o conceptos entre parentesis indican situaciones limites en condiciones poco frecuentes.

(1) Considera trazado llano y ondulado, trazado montañoso constituye caso particular (Vop=Veloc. Ope. Usuario medio aproximadamente 50%)

(2) Las velocidades de proyecto limitan la posibilidad de niveles mejores aun con baja demanda

(3) El rango de velocidades de operación se da a titulo indicativo para flujos Libre-Estable

BD= Tránsito Bidireccional, total ambos sentidos

UD= Tránsito Unidireccional, total ambos sentidos

Fuente: Manual de Carreteras Vol. I (Diseño Geométrico-ABC)

2.2.1.2. CAPACIDAD.

Es la cantidad de vehículos que pueden circular por una carretera manteniendo un servicio de acuerdo a sus condiciones y características físicas: ancho de carriles, número de carriles, ancho de bermas, porcentaje de vehículos pesados, etc.

La capacidad de vehículos de una carretera es invariable hasta que se producen cambios físicos en la estructura si consideramos a la capacidad como valor único, de

acuerdo a estudios realizados es de 900 vehículos en carreteras de dos carriles y ambos sentidos, con 1500 es una carretera con más de dos carriles por sentido y 2000 vehículos es la capacidad en carreteras o autopistas multicarril que tienen más de cuatro carriles, en la práctica estos valores son afectados por algunos factores, que pueden reducir la capacidad teórica como ser:

- a) Ancho de carril.
- b) Porcentaje de vehículos pesados.
- c) Existencia o no de bermas.

La capacidad está relacionada con una definición denominada nivel de servicio que se refiere a las condiciones de circulación que tiene un vehículo en una determinada carretera. Esas condiciones pueden ser desde una libre maniobrabilidad hasta el congestionamiento, la AASTHO define como capacidad 6 niveles de servicio:

Nivel A: Donde el flujo es libre existe total facilidad para maniobrar y de adquirir cualquier velocidad.

Nivel B: Donde el flujo es todavía de fácil maniobrabilidad, el cambio de velocidad es más restringido, pero no existe dificultad en la circulación.

Nivel C: Es donde sin ser flujo libre permite una circulación continua, las maniobras son algo restringidas no pueden haber muchos cambios de velocidad, pero aún se puede mantener el vehículo en velocidad de diseño. Es este nivel de servicio que se considera para fines de diseño.

Nivel D: Es aquel que ya tiene restricciones de maniobrabilidad, las velocidades de circulación son menores a las de proyecto, pueden existir pequeñas demoras, no existen maniobras en la carretera.

Nivel E: Es aquel donde el flujo ya es discontinuo con velocidades más bajas que las de diseño, con detención de los vehículos continuamente.

Nivel F: Es aquel en el que teóricamente el flujo es congestionado, el tiempo de demora es menor al de circulación, las velocidades son totalmente bajas y existe imposibilidad total de maniobras.

Tomándose en cuenta que el nivel de servicio no es un valor cuantitativo sino cualitativo se han considerado algunas relaciones Velocidad-Capacidad, cuyos coeficientes corresponden a un determinado nivel de servicio y ha partido de el determinar un volumen de servicio dada por la relación:

$$VS=2000*\frac{V}{C}*NK_1.K_2.K_3$$

V/C = Coeficiente de relación Velocidad/Capacidad, de acuerdo a los niveles de servicio.

N = Número de carriles.

K₁ = Coeficiente de reducción por vehículos pesados.

K₂ = Coeficiente de reducción por ancho de berma.

K₃ = Coeficiente de reducción por ancho de carril.

TABLA 6
FACTORES QUE REDUCEN LA CAPACIDAD DE UNA CARRETERA
POR AASTHO (REDUCCIÓN POR ANCHO DE CARRIL)

REDUCCIÓN POR ANCHO DE CARRIL		
ANCHO DE CARRIL	VOL. TOTAL VEH/HORA	%DE LA CAPACIDAD EFECTIVA
3.65	900	100
3.35	774	86
3.05	693	77
2.75	630	70
2.50	570	63

TABLA 7
(REDUCCIÓN POR ANCHO DE BERMA)

REDUCCIÓN POR ANCHO DE BERMA	
ANCHO DE BERMA (m)	ANCHO EFECTIVO DE CARRIL (m)
1.80	3.65
1.20	3.35
0.60	3.05
0.00	2.75

TABLA 8
(REDUCCIÓN POR % DE VEHÍCULOS PESADOS)

REDUCCIÓN POR % DE VEHICULOS PESADOS				
%VEHICULOS PESADOS	TOPOGRAFIA PLANA		TOPOGRAFIA ONDULADO	
	VEH/HORA	%CAP. EFECTIVA	VEH/HORA	% CAP. EFECTIVA
0	900	100	900	100
10	800	89	640	71
20	700	79	500	55

Según la norma AASTHO la capacidad de esta carretera pierde importancia porque la circulación de vehículos no supera con lo especificado en las tablas.

2.2.1.3. PENDIENTE LONGITUDINAL:

La pendiente por lo general es un factor de diseño geométrico que esta especificada en concordancia con el resto de los factores, las diferentes normas especifican de alguna manera las pendientes máximas recomendables en nuestro país de acuerdo a las Normas del Manual de Diseño Geométrico de la Administradora Boliviana de Carreteras.

En el caso particular de este proyecto *se toma como válido la Pendiente Máxima de 12%*.

Las características del trazo definitivo por ser un camino de terreno Ondulado Fuerte a Montañoso, no dan muchas opciones a pendientes bajas, excepto de algunos sectores, más por el contrario la topografía del área de proyecto ha obligado en un buen porcentaje del trazo a utilizar pendientes cercanas a la máxima. La pendiente máxima del trazo ha sido de 12% y la pendiente mínima especificada de acuerdo al manual de la ABC es de 10%, para garantizar el escurrimiento de las aguas superficiales.

TABLA 9
PENDIENTES MÁXIMAS ADMISIBLES
PARA LA INCLINACION RASANTES (%)

CATEGORIA	VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)									
	≤30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10-12	10-9	9-1	-	-	-	-	-	*	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autorrutas	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autopista	-	-	-	-	-	5	-	4,5	-	4

*= 110 Km/h no esta considerado dentro del rango de Vp asociadas a las categorias

Fuente: Manual de Carreteras Vol. I (Diseño Geométrico-ABC)

2.2.1.4. VELOCIDAD.

Se define a la velocidad como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrer, ésta es una definición de movimiento a la que está sometido todo vehículo que circula en una carretera.

Si bien ésta es una condición general, las condiciones de circulación de los autos en las carreteras y caminos de acuerdo al manual Volumen (I) Diseño Geométrico manejado por la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) establece la siguiente velocidad para a utilizar en el diseño geométrico:

Velocidad de Proyecto (V_p)-

Es la velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad, elementos que solo podrán ser empleados en la medida que estén precedidos por otros (en ambos sentidos del tránsito), que anticipen al usuario que se está entrando a un tramo de características geométricas mínimas, el que además deberá estar debidamente señalizado.

La Velocidad de Proyecto reemplazará a la denominada Velocidad de Diseño, en consecuencia el concepto de Velocidad de Proyecto se usara para efectos del sistema de clasificación funcional para diseño, a fin de indicar el estándar global asociado a la carretera o camino y definir los parámetros mínimos aceptables bajo condiciones bien definidas.

TABLA 10
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL PARA DISEÑO DE
CARRETERA Y CAMINOS RURALES

CATEGORIA		SECCION TRANSVERSAL		VELOCIDADES DE PROYECTO (Km/h)	CODIGO TIPO
		Nº CARRILES	Nº CALZADAS		
Autopista	(O)	4 ó + UD	2	120-100-80	A (n) - xx
Autoruta	(I.A)	4 ó + UD	2	100-90-80	AR (n) - xx
Primario	(I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100-90-80	P (n) - xx
		2 BD	1	100-90-80	P (2) - xx
Colector	(II)	4 ó + UD	2 (1)	80-70-60	C (n) - xx
		2 BD	1	80-70-60	C (2) - xx
Local	(III)	2 BD	1	70-60-50-40	L (2) - xx
Desarrollo		2 BD	1	50-40-30*	D - xx

UD= Unidireccionales

BD= Bidireccionales

(n)= Numero total de carriles

xx= Velocidad de proyecto (Km/h)

* = menor que 30Km/h en sectores puntuales conflictivos

Fuente: Manual de Carreteras Vol. I (Diseño Geométrico-ABC)

Al corresponderle a nuestro camino la Categorización de camino de Desarrollo, se elije una velocidad de proyecto de 30Km/h.

2.2.1.5. PLATAFORMA.-

Definición de la Plataforma:

Se llama “Plataforma” a la superficie visible de una vía formada por su(s), calzada(s), bermas, los sobre anchos de la plataforma (SAP) y su cantero central, en caso de existir esta ultima como arte de la sección tipo.

La altimetría de la plataforma está dada por el perfil longitudinal de la rasante y por la inclinación transversal de sus elementos.

En caminos Locales y de Desarrollo los anchos de carriles y bermas se seleccionaran considerando los volúmenes de demanda, esperados y la dificultad topográfica del emplazamiento.

Las Calzadas:

Una calzada es una banda material y geoméricamente definida, de tal modo que su superficie pueda soportar un cierto tránsito vehicular y permitir desplazamientos cómodos y seguros de los mismos.

La calzada está formada por dos o más carriles. Un carril será entonces cada una de las divisiones de la calzada que pueda acomodar una fila de vehículos transitando en un sentido.

En el caso de carreteras o caminos con calzada bidireccional de dos carriles, cada uno de ellos podrá ser utilizado ocasionalmente por vehículos que marchan en el sentido opuesto, en el momento que estos adelantan a otros más lentos.

Toda nueva carretera de 4 o más carriles, con calzadas unidireccionales en plataforma única, deberá contar con un espacio libre entre los bordes interiores de los pavimentos de cada calzada, denominado “Cantero central”, el que normalmente tendrá un ancho constante según lo definido en el perfil tipo de la carretera.

Sobreancho:

La trayectoria de los vehículos en curvas horizontales, debido a la rigidez del chasis de los vehículos generalmente originan que las trayectorias del eje delantero y trasero sean diferentes, si se quiere mantener la trayectoria del eje delantero dentro del carril que le corresponde, el eje trasero requiere de un ancho adicional denominado Sobreancho, que es determinado por la siguiente relación dada por la AASHTO:

$$X = (R - R^2 - L^2) * \frac{0.1 * V}{R^{0.5}}$$

Donde:

X = sobreaño (m)

R = radio de curvatura (m)

L = longitud del vehículo tipo (adoptado 5,8 metros)

N = número de carriles

V = velocidad de proyecto (Km/h)

Por la anterior relación se estableció que en las curvas horizontales tendrán un valor de sobre ancho o ampliación de 0.5m, con una inclinación transversal del 3%.

Berma:

Las bermas son franjas que flaquean el pavimento de las calzadas, ellas pueden ser construidas con pavimento de hormigón, capas asfálticas, tratamiento superficial o simplemente ser una prolongación de la capa de grava en los caminos no pavimentados.

Las bermas cumplen 4 funciones importantes: proporcionar protección al pavimento y a sus capas inferiores, que de otro modo se verían afectadas por la erosión y la inestabilidad, permiten detenciones ocasionales, aseguran una luz libre lateral que actúa psicológicamente sobre los conductores, aumentando de este modo la capacidad de la vía, y ofrecen espacio adicional para maniobras de emergencia aumentando la seguridad.

Para que estas funciones se cumplan en la práctica, las bermas deben ser de un ancho constante, estar libres de obstáculos y deben estar compactadas homogéneamente en toda su sección.

TABLA 11
ANCHOS DE PLATAFORMA EN TERRAPLEN
Y SUS ELEMENTOS A NIVEL DE RASANTE

NUMERO DE CALZADAS Y CATEGORIA		VELOCIDAD PROYECTO (Km/h)	ANCHO CARRILO PISTA 'a' (1) (m)	ANCHO BERMAS		ANCHOS SAP (2)		ANCHO CANTERO CENTRAL (M)			ANCHO DE PLATAFORMA A NIVEL DE RASANTE (3) $ATP = n^2 a + 2(be + Se) + M_{final}$		
				"bi" INTERIOR	"be" EXTERIOR	"si" INTERIOR	"se" EXTERIOR	FINAL 4 PISTAS AMPLIABLE A 6(m)	FINAL 6 PISTAS (m)	FINAL 4 PISTAS (m)	6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE (m)	4 PISTAS (m)	2 PISTAS (m)
				(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Calzadas Unidireccionales	Autopista	120	3,5	1,2	2,5	0,5-0,8	1,5	13	6	6	35	28	
		100	3,5	1	2,5	0,5-0,8	1	13	6	6	34	27	
		80	3,5	1	2,5	0,5-0,8	0,8	11	4	4	31,6	24,6	
	Primario y Autoruta	100	3,5	1	2,5	0,5-0,8	1	13	6	6	34	27	
		90	3,5	1	2,5	0,5-0,8	1	12	5	5	33	26	
	Colector	80	3,5	1	2	0,5-0,8	0,5-0,8(4)	10	3	3(4)	29	22	
		80	3,5	1	2	0,5-0,8	0,5-0,8(4)	10	3	3(4)	29	22	
		70	3,5	0,6-0,7	1,5	0,5-0,8	0,5-0,8(4)	9	2	2(4)	27	20	
		60	3,5	0,6-0,7	1	0,5-0,8	0,5-0,8(4)	9	2	2(4)	26	19	
Calzadas Bidireccionales	Primario	100-90	3,5	-	2,5	-	1	-	-	-			14
		80	3,5	-	2	-	0,5-0,8	-	-	-			12
	Colector	80	3,5	-	1,5	-	0,5-0,8	-	-	-			11
		70	3,5	-	1-1,5(5)	-	0,5-0,8	-	-	-			10-11
		60	3-3,5	-	0,5-1(6)	-	0,5-0,8	-	-	-			8-10
		50	3-3,5	-	0,5-1(6)	-	0,5	-	-	-			8-10
		40	3	-	0,0,5(7)	-	0,5	-	-	-			7-8
		30	2-3	-	0,0,5(7)	-	0,5	-	-	-			5-6
Desarrollo													

- (1) Pistas de menos de 3,5m deberán ser autorizadas expresamente por la Administradora Boliviana de Carreteras.
 (2) El ancho de las bermas de Locales y de Desarrollo se definirá en función del tránsito y dificultad del emplazamiento.
 (3) La tabla especifica anchos de SAP en terraplen; caso sin barrera de seguridad SAP=0,5m con barrera SAP=0,8m
 (4) Para ancho final de cantero central de 3y 2m los SAP interiores se juntan presentando un ancho conjunto de 1ma 0,6, 0,8m respectivamente, espacio que servirá de base para una barrera rígida de hormigón con anchos en la base de: Tipo F (0,56m ó 0,82m) o New Jersey (0,61m)
 (5) Ancho total de plataforma en terraplen con SAP mínimo=0,5m. Para corte cerrado o perfil mixto agregar ancho(s) y corregir anchos del SAP exterior. Si cuneta es revestida Se=0m- Cuneta sin revestir Se=0,5m. En unidireccionales "bi" y "si" están comprendidos en el ancho del cantero central.

Fuente: Manual de Carreteras Vol. I (Diseño Geométrico-ABC)

Con la $V_p=30\text{Km/h}$ se optó por un ancho, de carril de 2.3m, berma 0,2m, Sobreancho 0,5m, llegando a tener un ancho de plataforma de 6m.

2.2.1.6. INCLINACIÓN MÍNIMA TRANSVERSAL O BOMBEOS.-

En tramos rectos o en aquellos cuyo radio de curvatura permita el contra peralte según los límites fijados, las calzadas deberán tener con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal mínima o bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura y de la intensidad de la lluvia de 1 hora de duración con periodo de retorno de 10 años, propia del área en el que se emplaza el trazado.

En la tabla siguiente se especifica estos valores indicando en algunos casos un rango dentro del cual el proyectista deberá moverse, afinando su elección según las matices de la rugosidad de las superficies y de los climas imperantes.

TABLA 12
INCLINACIÓN MÍNIMA TRANSVERSAL O BOMBEO EN CARRILES

TIPO DE SUPERFICIE	PENDIENTE TRANSVERSAL	
	(I ₁₀) ≤ 15mm/h (¹)	(I ₁₀) > 15mm/h (¹)
Pavimento Hormigon o Asfaltado	2	2,5
Tratamiento Superficial	3(²)	3,5
Tierra, Grava, Chancado	3-3,5(²)	3,5-4

(¹) = Determinar mediante estudio hidrológico

(²) = En climas definitivamente desérticos, se pueden rebajar los bombeos hasta un valor límite de 2,5%

(I₁₀) = Intensidad de la lluvia de 1 hora de duración, con periodo de retorno de 10 años.

Fuente: Manual de Carreteras Vol I (Diseño Geométrico-ABC)

El bombeo del Carril y la Berma para un camino con superficie de grava dentro de los parámetros indicados en la tabla anterior es de 3% y para el SAP asumiremos también el mismo que es del 3%.

2.2.1.7. PERALTE O SOBREVOLACIÓN.-

Al pasar un vehículo de una tangente a un alineamiento curvo, al recorrer aparece la fuerza centrífuga que debe ser contrarrestada con el peralte que es "la inclinación de la calzada de la carretera que contrarresta los peligros de deslizamiento transversal y vuelco del vehículo".

$$F_c = \frac{P * V^2}{2 * g * R}$$

Donde:

P = Peso del vehículo (Kg)

R = Radio de curvatura (m)

V = Velocidad de proyecto (Km/h)

g = Gravedad (m/seg²)

Esta fuerza centrífuga produce un peligro de deslizamiento cuando:

- a) La fuerza solicitante ($F_c \cos \alpha$) que es la componente horizontal, es mayor a la fuerza producida por el vehículo ($P \sin \alpha$).
- b) Esta fuerza también produce desplazamiento si es mayor a la contrarrestada por la de rozamiento producida entre el neumático y el pavimento, por ello se debe equilibrar estas fuerzas como muestran las fórmulas.

Según AASTHO:

$$P = \frac{V^2}{2.26 * R} \leq 12,8 \%$$

Donde:

P = Peralte (%)

V = Velocidad de proyecto (Km/h)

R = Radio de curvatura (m)

Si en esta ecuación hacemos que el peralte sea máximo tendremos:

$$P_{max} = \frac{V^2}{2.26 * R_{min}}$$

La elección del peralte adecuado para un proyecto de una carretera debe obedecer a criterios en los que se tenga un equilibrio entre el radio de curvatura, el peralte y el coeficiente de fricción, de acuerdo al manual de la A.B.C. se tienen los siguientes valores:

TABLA 13
VALORES MÁXIMOS PARA EL PERALTE Y LA FRICCIÓN
TRANSVERSAL EN EL CARRIL

	emax	f
Caminos Vp 30 a 80Km/h	7%	0,265-V/602,4
Carreteras Vp 80 a 120Km/h	8%	0,193-V/1134

emax= Peralte maximo (%)

f= Friccion transversal (adi)

Fuente: Manual de Carreteras Vol. I (Diseño Geométrico-ABC)

Para la Vp=30Km/h le corresponde de acuerdo a la tabla anterior un Peralte=7%

2.2.1.8. RADIO DE CURVATURA.

Uno de los factores más importantes de diseño es la determinación de los radios de curvatura permisibles para el enlace de las tangentes o rectas. Este radio de curvatura debe establecerse en función de la correlación con el resto de los factores de diseño y con el análisis económico que este representa.

Las diferentes normas han establecido una metodología de diseño en la cual se van determinando los siguientes factores con relación al radio de curvatura se tiene:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 * (e_{\max} + f)}$$

Donde:

Rmin = Radio mínimo de la curva (m).

Pmax = Peralte máximo (%).

V = Velocidad de proyecto (Km/h)

f = Coeficiente de fricción transversal (neumático-calzada).

Las curvas circulares y de transición deben tener como especificación el radio de curvatura mínimo, este debe adoptarse en concordancia con la velocidad de proyecto y el peralte máximo. De acuerdo al manual de la ABC, se establecen los radios de curvatura en función de los anteriores parámetros indicados. En el presente proyecto se adoptó como válido *el radio de curvatura mínimo 25m.*

TABLA 14
RADIOS MÍNIMOS ABSOLUTOS EN CURVAS HORIZONTALES

Caminos: Colectores-Locales-Desarrollo			
Vp	emax	f	Rmin
(Km/h)	(%)		(m)
30	7	0,215	25
40	7	0,198	50
50	7	0,182	80
60	7	0,165	120
70	7	0,149	180
80	7	0,132	250
Carreteras: Autopistas-Autorutas- Primarios			
80	8	0,122	250
90	8	0,114	330
100	8	0,105	425
110	8	0,096	540
120	8	0,087	700

Vp= Velocidad de proyecto (Mk/h)

emas= Peralte maximo (%)

f= Friccion transversal (Adi)

Rmin= Radios minimo (m)

Fuente: Manual de Carreteras Vol. I (Diseño Geométrico-ABC)

Para la Vp=30Km/h le corresponde como Radio mínimo=25m

2.2.1.9. TALUD INTERIOR DE CUNETAS.

TABLA 15
INCLINACIÓN MÁXIMA EN TALUDES INTERIORES DE CUNETAS

Vp (Km/h)	V:H
≤70	1:2
80-90	1-2,5
100	1:3
120	1:4

Fuente: Manual de Carreteras Vol I (Diseño Geométrico-ABC)

Para la Vp menor a 70Km/h le corresponde de acuerdo a la tabla anterior un talud del orden 1:2 (V:H).

2.2.1.1.0. TALUDES EN CORTE.

TABLA 16
TALUDES PARA CORTE

V:H
1:4

Fuente: Manual de Carreteras Vol. I (Diseño Geométrico-ABC)

2.2.1.1.1. TALUDES EN TERRAPLEN.

TABLA 17
TALUDES EN TERRAPLEN

PUNTOS VISTA ESTRUCTURAL (ESTABILIDAD)	PUNTO VISTA SEGURIDAD VIAL
1:1,5 (H:V)*	1:3 (V:H); 1:1,5 (V:H)

*= Para alturas terraplenes menores a 15m dependiendo tipo de material que lo constituye y del suelo sobre el que se fundara.

Fuente: Manual de Carreteras Vol I (Diseño Geométrico-ABC)

2.2.1.1.2. PARÁMETROS DE DISEÑO.-

(SEGÚN ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS)				
Grupo de Clasificación según diseño:	CAMINO			
Categoría:	DESARROLLO			
Terreno:	MONTAÑOSO			
DESCRIPCIÓN	MÍNIMO	MÁXIMO	ADOPTADO	OBSERVACIONES
Pendiente longitudinal (%)	10,00	12,00	<12	Tabla 2.4-1 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)
Velocidad de Proyecto (Km/h)	30,00	50,00	30,00	Tabla 1.3-1 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)
Ancho de carril (m)	2,00	3,00	2,50	Tabla 3.1-1 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)
Ancho de berma (m)	0,00	0,50	0,50	Tabla 3.1-1 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)
Ancho de Plataforma (m)		6,00	6,00	Tabla 3.1-1 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)
Pendiente transversal o Bombeo carril (%)	3,00	3,50	3,00	Tabla 3.2-4 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)
Pendiente transversal berma (%)			3,00	Tabla 3.2-4 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)
Pendiente transversal SAP (sobreecho) (%)			3,00	Tabla 3.2-5 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)
Peralte (%)		7,00	7,00	Tabla 2.3-3 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)
Radio de Curvatura (m)	25,00		25,00	Tabla 2.3-4 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)
Talud de corte V/H		1/3	1/1	Tabla 3.3-1 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)
Talud de terraplen H/V	1/3	1/1,5	1/1	Pag.3-26 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)
Talud cunetas V/H		1/2	1/1,5	Pag.3.3-1 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)
Periodo de Retorno para diseño de alcantarillas (Años)	25	50	50	Tabla 1.2-2 (Manual de Carreteras Vol. II-Hidrología y Drenaje-ABC)
Tiempo de concentracion obras arte menor (hr)	0,167		0,167	Pag 1.5 (Manual de Carreteras Vol. II-Hidrología y Drenaje-ABC)
Longitud del vehiculo tipo (m)			5,800	Pag 1.14, Fig. 1.2-3 (Manual de Carreteras Vol. I-Diseño Geometrico-ABC)

FUENTE: NORMA ABC (Vol. I y II)

2.2.1.1.3. DISTANCIAS DE VISIBILIDAD.-

Se entiende por distancias de visibilidad aquellas que permitan dar visibilidad a un vehículo en circulación en la práctica se presentan dos tipos de distancias de visibilidad, una de tipo horizontal referida a la planimetría y otra de tipo vertical referida a la altimetría, esta última se refiere a las curvas verticales que enlazan las subrasantes.

En las distancias de visibilidad horizontal se tienen 3 casos:

- a) Distancia de visibilidad para parar.
- b) Distancia de visibilidad para pasar.
- c) Distancia de visibilidad en curva horizontal.

a) *Distancia de visibilidad para parar:*

Se define como la necesaria para que un vehículo pueda realizar la acción de frenado ante un obstáculo pretendido en la carretera, esta distancia tiene dos componentes; la distancia de percepción y reacción y la distancia de frenado propiamente dicha, el tiempo de percepción y reacción se ha determinado en las diferentes normas de acuerdo a experiencias con varios tipos de vehículos y conductores influyendo en este valor la distancia del obstáculo, la condición del vehículo, la rapidez de reacción del conductor, la velocidad del vehículo, el tipo y condiciones de la carretera y las condiciones de entorno de la carretera.

El segundo componente es la distancia de frenado es una resultante del trabajo que efectúa el vehículo en la acción de frenado y la energía cinética que aparece en este.

“f” varía con la presión de inflado del neumático, composición, forma del gravado del neumático, tipo de calzada, presencia de humedad, barro, nieve o hielo en la calzada y el estado de los frenos del vehículo.

Siendo la ecuación definitiva de distancia para parar:

$$d_o = \frac{V * t}{3.6} + \frac{V^2}{254 * (f \pm i)}$$

b) Distancia de visibilidad para pasar:

En la circulación de los vehículos en carreteras es muy frecuente la acción de sobrepaso de vehículos que van a mayor velocidad que otros en el mismo sentido, para ello es importante tomar en consideración tres etapas de la maniobra, una primera etapa donde el vehículo que va a realizar la acción de sobrepaso disminuye su velocidad, percibe la seguridad para la maniobra y comienza a realizar la misma, la segunda etapa es en la que el vehículo realiza exactamente la acción de sobrepaso hasta llegar a una posición similar delante del vehículo sobrepasado y una tercera etapa paralela a la anterior en la que un vehículo en dirección contraria avance una distancia hasta encontrarse con el vehículo que ha realizado el sobrepaso.

Estas tres etapas dan lugar a tres distancias que son las necesarias para la acción que sumadas nos dan la ecuación de visibilidad para pasar:

Esta distancia nos permitirá delimitar las zonas de acciones de sobrepasas libres y las zonas restringidas al sobrepaso.

$$d_o = \frac{(V - m) * t_1}{3.6} + 2 * s + \frac{(V - m) * t_2}{3.6} + \frac{V * t_2}{3.6}$$

c) Distancia de visibilidad horizontal en curvas:

Además de las distancias de visibilidad para parar y pasar es también necesario determinar la distancia de visibilidad horizontal en tramos curvos, donde por la presencia de obstáculos que pueden ser los mismos taludes de corte del carril anterior u otro tipo de obstáculos que impiden la visibilidad de dos vehículos que circulan en sentido contrario en trayectoria curva.

De acuerdo a las normas de la AASTHO que un desarrollo mínimo de visibilidad debería ser 2*do donde do es la distancia de visibilidad para parar.

Utilizando relaciones geométricas trigonométricas en la curva horizontal se tiene que la distancia de visibilidad horizontal.

$$D_h = 2 * \sqrt{R'^2 + (R' - m)^2}$$

Donde:

R' = Radio del carril interior (m)

m = Relación de la flecha dada en función del grado de curvatura, la distancia de visibilidad

para parar y el radio del carril interior.

a = Ancho de carril (m)

$$R' = R_c - \frac{a}{2}$$

$$m = R' * \left[1 - \cos^* \left(\frac{G * do}{20} \right) \right]$$

Este valor de la distancia de visibilidad horizontal será utilizado para fines de restricción de maniobras en trayectoria curva utilizando el carril contrario.

2.2.1.1.4. TRAZADO PRELIMINAR

El proceso del trazado implica una búsqueda continua, una evaluación y selección de las franjas de terreno que han quedado como merecedores de estudios más detallados después de haber practicado el reconocimiento, evaluación y ajuste de los trazados tentativos.

La finalidad de este estudio es establecer, dentro de franjas que siguen siendo de interés la línea o líneas a posibles trazados del camino. Para obtener información adicional sobre las franjas seleccionadas se efectuará un relevamiento topográfico cuyo grado de detalle dependerá de la calidad de información antecedente.

Cuando no se cuenta con cartografía apropiada la labor más delicada para la elaboración de un proyecto de montaña es el relevamiento de los datos necesarios para la determinación del trazado a adoptar.

Los relevamientos pueden ser aéreos o terrestres utilizados separada o conjuntamente.

El método terrestre (topografía tradicional), es aconsejable cuando los posibles trazados han quedado bien definidos, el ancho de la faja es reducido y el uso del suelo es escaso.

El método aéreo es preferible cuando los posibles trazados no han quedado bien definidos, el terreno es muy accidentado y el uso del suelo es bien intenso.

La decisión de adoptar uno u otro método estará basada en consideraciones económicas y de disponibilidad de tiempo y de los medios físicos y humanos según las exigencias de cada una de las técnicas posibles.

Una vez llevado a cabo el reconocimiento durante el cual se fijaron los puntos obligados y los intermedios que sean necesarios por la topografía, se lleva a cabo el trazado preliminar, que no es más que una poligonal abierta, partiendo de un punto al que se le denomina Km 0 + 000, y se van clavando estacas cada 20 m. y en aquellos lugares accidentados y puntos notables que lo ameriten hasta llegar al vértice que le sigue, continuando en esta forma a todo lo largo de la línea.

El trazo preliminar constituye la base para la selección definitiva del trazado y proporciona datos que sirven para preparar presupuestos preliminares de la obra. Debido a ello debe ser llevado a cabo de la mejor manera posible marcando todos los accidentes topográficos que de una manera u otra afecten al trazo definitivo.

Definida la necesidad de construir un camino y fijadas sus características, la elaboración del proyecto es la etapa intermedia entre la planificación y la construcción.

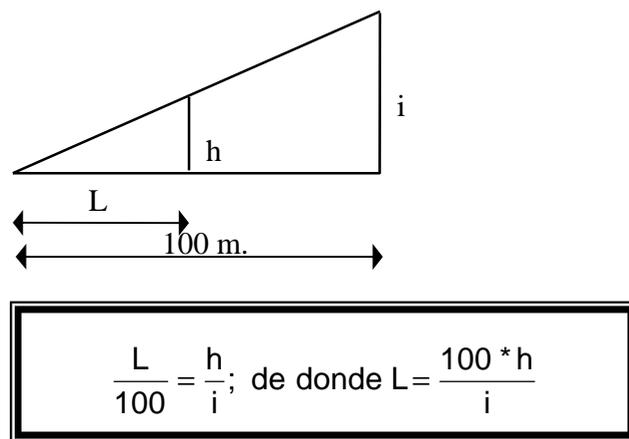
La elaboración del proyecto es privativa para el ingeniero y abarca las etapas de selección y evaluación de las rutas, el estudio de trazados alternos y la preparación del proyecto propiamente dicho.

La selección de la ruta engloba todo el proceso preliminar del acopio de datos, el estudio de planos, reconocimiento y localización de los puntos de triangulación. Del análisis y evaluación, de las diferentes rutas para su trazado surgirá una que reunirá las mejores cualidades y sobre las cuáles se realizarán los estudios detallados que conducen al proyecto.

La primera etapa en la elaboración de un proyecto vial consiste en el estudio de las rutas.

Luego se realizó el trazado de la línea pelo tierra la cuál conociendo la equidistancia entre las curvas de nivel y la pendiente gobernadora; se calcula la abertura del compás para que con sus puntas las curvas de nivel contiguas a la línea imaginaria que une estos puntos tenga la pendiente deseada.

Tal línea pasa por los puntos obligados. En la determinación de la abertura entre las puntas del compás se utilizará la siguiente relación:



Donde:

L = longitud deseada entre curvas

H = altura entre curvas

I = pendiente variable con máxima de 12%

La línea de pelo de tierra es la base para proyectar la línea definitiva que con las mejores tangentes posibles deberá apegarse lo más que se pueda a la línea o pelo de tierra.

Posteriormente pasó a efectuarse el trazo de perfil longitudinal preliminar el cual nos da el relieve del terreno por donde debe de pasar el eje; el dibujo de los ejes se hace sobre alzado para destacar las irregularidades del terreno, la escala vertical es mayor que la horizontal en una relación que permita apreciar a simple vista las ondulaciones del eje de la línea.

2.2.1.1.5. TRAZADO DEFINITIVO

Cuando no hay dudas con respecto a las bondades superiores de uno de los trazados preliminares estudiados y hay convencimiento de no haber otra solución sensiblemente mejor, se la adopta como trazado definitivo o línea definitiva.

En general será posible adoptar definitivamente un único trazado; si ello no es posible se compararan con más detenimiento las alternativas posibles.

Es necesario trazar en el terreno la mencionada línea la que tendrá que quedar tal como se la proyectó.

En nuestro camino de categoría de Desarrollo se usaran en su totalidad curvas circulares horizontales simples.

Estacado del eje:

Se procede de la siguiente manera:

- En tangentes o rectas las estacas deben ser puestas cada 20 m.
- En curvas cada 10 m.

2.2.1.1.6. TIPO DE CURVAS HORIZONTALES Y SUS ELEMENTOS

Curvas Circulares Simples:

En el diseño de enlace de tangentes las curvas circulares simples son las que se utilizan frecuentemente cuando los espacios son reducidos en un punto inicial y otro, no siendo lo más recomendable desde el punto de vista geométrico y operacional de los vehículos pero si en forma práctica en carreteras en apertura es conveniente su uso, porque requieren menores espacios lo cual origina menores movimientos de tierra y mayor facilidad en su replanteo.

Una curva circular simple estará diseñada a partir de dos elementos fundamentales que son el ángulo de deflexión o el ángulo interno entre las tangentes y el radio de curvatura que vienen por la geometría del trazado definitivo y por especificaciones técnicas respectivamente.

Los elementos de una curva circular simple son:

Tangente:

$$T = R * \tan \frac{\Delta}{2}$$

Externa:

$$E = R * (\sec \frac{\Delta}{2} - 1)$$

Flecha:

$$f = R * (1 - \cos \frac{\Delta}{2})$$

Desarrollo de la curva:

$$D = \frac{\pi * R * \Delta}{180}$$

Longitud de la curva:

$$Lc = 2 * R * \sen \frac{\Delta}{2}$$

Es importante que en el diseño cada curva circular simple esté determinada por todos sus elementos, los cuales proporcionarán información suficiente para el replanteo.

El replanteo de este tipo de curvas consiste en trazar una curva horizontal en el terreno a partir del diseño que está en el plano, es decir encontrar todos los puntos necesarios para conformar la curva circular simple.

Curvas Circulares Compuestas:

Las curvas circulares compuestas resultan de la unión de dos curvas simples de radio diferente, donde cada curva simple tiene sus propios elementos:

- Tangente
- Externa
- Flecha
- Desarrollo
- Longitud de cuerda

La curva compuesta a su vez origina elementos comunes que son:

- Tangente externa T_p
- Tangente externa T_f
- Ángulo de deflexión total $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$

Para determinar los elementos comunes se tiene siete parámetros:

- R_1 = Radio de la curva entrante.
- R_2 = Radio de la curva saliente.
- Δ_1 = Ángulo de deflexión de la curva entrante.
- Δ_2 = Ángulo de deflexión de la curva saliente.
- Δ = Ángulo de deflexión total.
- T_p = Tangente exterior a la curva entrante.
- T_f = Tangente exterior a la curva saliente.

En la práctica generalmente en espacios reducidos donde no puede entrar una curva circular simple se busca como alternativa de solución una curva compuesta que de acuerdo a cada caso se tendrán los datos y las incógnitas a determinar.

Para el replanteo se seguirá el mismo procedimiento de una curva circular simple con la diferencia que se hará un cambio de estación en el punto tangente a las curvas para el inicio del replanteo de la segunda curva.

Curvas Circulares Inversas:

Las curvas circulares inversas de radio pequeño debido a los cambios de curvatura que introducen en el trazado, dificultan la marcha de los vehículos, creando una situación errática para los conductores.

Por otra parte los mismos cambios de temperatura crean problemas en el peraltado y en el drenaje de la vía.

Por estas razones, la mayoría de la normas en uso proscriben el uso de estas curvas, limitándolas a aquellos trazados montañoso.

El cálculo de las curvas inversas puede asimilarse al de las curvas simples.

Los elementos de las curvas inversas son los mismos que los de las circulares simples, pero además tienen elementos comunes como ser:

Amplitud:

$$P = R_1(1-\cos\Delta_1)+R_2(1-\cos\Delta_2)$$

Distancia horizontal máxima:

$$f = R_1*\text{sen}\Delta_1+R_2*\text{sen}\Delta_2$$

Tangente común:

$$t = R_1 * \tan \frac{\Delta_1}{2} + R_2 * \tan \frac{\Delta_2}{2}$$

Curvas de Transición:

Supongamos que un móvil recorre estrictamente y a velocidad constante una trayectoria. En cada punto de unión entre dos elementos distintos del alineamiento horizontal - recta y curva circular; dos curvas circulares de distinto radio (del mismo o de distinto sentido); o dos rectas de direcciones distintas, aparecerá, desaparecerá o variará instantáneamente la aceleración centrífuga (y la fuerza centrífuga), en la misma forma en que lo hace la curvatura del alineamiento.

Si el móvil es un vehículo automotor y el alineamiento corresponde a un camino, el conductor se las ingeniará para evitar el paso brusco de uno a otro tipo de movimiento. Lo más probable es que trate de variar la velocidad y la trayectoria parte en la recta y parte en la curva, para que el cambio de las acciones dinámicas sea gradual. Si la variación de velocidad no es suficiente, la variación de la trayectoria puede significar la peligrosa invasión de la trocha de sentido contrario o el corte de la curva a fin de lograr la transición deseada.

Un vehículo no puede efectuar sin una cierta transición continua, el cambio del tipo de movimiento.

Si no existen o son insuficientes los arcos de transición la maniobra se torna peligrosa. La única forma de conseguir una marcha uniforme, cómoda y segura es empleando adecuadas curvas de transición expresamente proyectadas.

La transición apropiada podría ser la trayectoria descrita por un vehículo cuyo volante de dirección fuera girado a velocidad angular constante, de modo que las ruedas se adapten a las curvaturas de los distintos elementos del alineamiento horizontal.

También podríamos buscar una curva tal que al recorrerla a velocidad constante produzca una variación de la aceleración centrífuga en función del tiempo que no resulta molesta ni peligrosa para el tránsito.

Si establecemos que esa variación sea lineal, la transición que se obtiene es igual a la obtenida mediante el movimiento uniforme del volante. Tal curva de transición es la denominada espiral o clotoide esta curva de transición sigue la trayectoria natural de giro de los vehículos desde la recta hasta la curva circular y viceversa.

Consideramos como origen de la transición el punto en que se une a la recta, es decir: longitud cero y radio infinito. En un punto 1 cualesquiera de la transición el radio será R_1 , la longitud L_1 y el tiempo necesario para recorrer a velocidad constante V será L_1/V . Como establecimos como condición una variación lineal de la aceleración en función del tiempo, resulta:

$$\frac{\frac{V^2}{R_1}}{\frac{L_1}{V}} = A = \frac{V^3}{R_1 * L_1}$$

Como V es constante se tiene: $L_1 * R_1 = \text{constante}$.

Esta es la ecuación intrínseca de la transición, es decir referida a la misma curva. Para otros puntos será: $L_1 * R_1 = L_2 * R_2 = \dots L * R = \text{constante}$.

Esta variación gradual del radio en función de la longitud de la curva de transición tienen además un beneficioso efecto psicologico sobre los conductores, resultante de las condiciones de la perspectiva.

A los ojos del conductor la unión directa de recta y curva circular aparece como un quiebre, más o menos fuerte según el radio de la curva circular. El quiebre detiene la vista en su marcha hacia adelante y obliga al conductor a disminuir la velocidad ante la aparente dificultad. En cambio, el empleo de la transición ofrece a la vista un camino perfectamente continuo.

Las curvas de transición tienen especial importancia en el trazado de ferrocarriles donde los vehículos, a diferencia de los caminos van conducidos por las vías y el conductor no puede “crearse” su transición. En el paso de recta a curva circular debe

asegurarse el paulatino aumento de la curvatura para evitar la súbita aparición de la fuerza centrífuga que puede dar lugar a peligrosas sacudidas.

También en las vías fluviales tiene importancia la transición. La variación uniformemente continua de la curvatura en las líneas de corriente proporciona buenas condiciones hidrodinámicas y reduce el peligro de erosión de las márgenes.

Por otra parte, la curva de transición permite un desarrollo elegante del peralte y del sobreebanco.

Para que la curva de transición cumpla satisfactoriamente con sus funciones, se determinan valores límites según sea la condición o criterio considerado.

Se suele tomar como índice de altitud a la longitud L de la curva de transición.

De acuerdo con las NDG los criterios a considerar para la elección de la curva de transición son:

- Comodidad dinámica
- Apariencia general
- Apariencia de borde (o velocidad de rotación del peralte)
- Guiado óptico.

Las NDG indican los valores mínimos de las longitudes de transición que cumplen simultáneamente con las tres primeras condiciones o criterios. Si bien recomiendan el cumplimiento del cuarto criterio, lo dejan librado a la decisión del proyectista según las decisiones del caso.

Los elementos de una curva de transición son los siguientes:

Ángulo de deflexión:

$$\Delta_s = 57.2958 \frac{L}{2 * R}$$

Desplazamientos:

$$X = L - \frac{L^3}{40 * R^2} \quad X_{PC} = X - R * \text{sen} \Delta_s$$
$$Y = \frac{L^2}{6 * R} \quad Y_{PC} = Y - R * (\text{cos} \Delta_s)$$

Tangente:

$$T_s = (R + Y_{PC}) * \tan \frac{\Delta}{2} + X_{PC}$$

Externa:

$$E_s = (R + Y_{PC}) * (\sec \frac{\Delta}{2} - 1) + Y_{PC}$$

Desarrollo:

$$\Delta_C = \Delta - \Delta_s$$
$$D = 2 * L + \frac{2 * \pi * R * \Delta_C}{360}$$

Peralto:

Para una curva circular:

$$P\% = \frac{V^2}{2.26 * R}$$

Para una curva en transición:

$$P\% = \frac{V^2}{2.26 * r}$$

Sobreechancho:

Para una curva circular:

$$X = (R - \sqrt{R^2 - L^2}) * N + \frac{0.10 * V}{\sqrt{R}}$$

Para una curva en transición:

$$X = (r - \sqrt{r^2 - L^2}) * N + \frac{0.10 * V}{\sqrt{r}}$$

Donde: $r = \frac{R * L}{l}$

Longitud mínima de transición:

Una curva de transición antes de ser diseñada necesariamente debe definir la longitud de sus espirales de transición, para lo cual algunas normas han establecido relaciones

empíricas, más producto de experimentaciones que permitan determinar una longitud mínima que esté acorde con otros elementos de diseño geométrico, como ser velocidad de proyecto, radio de curvatura y peralte. Algunas de estas relaciones son las siguientes:

AASTHO:

$$L_{\min} = 0.00351 \frac{V^3}{R}$$

Donde:

V = Velocidad de proyecto.

R = Radio de curvatura.

2.2.1.1.7. CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales son las que permiten el enlace de la línea subrasante a lo largo de la carretera. Las curvas verticales usadas en carreteras como curvas de enlace de los alineamientos rectos longitudinales, pueden ser arcos de círculo, arcos de parábola, de parábola cúbica, etc.

De estas, la parábola de eje vertical es usualmente la preferida, pues simultáneamente sirve como curva de enlace y de transición de las curvaturas. Además, su forma se ajusta a la de la trayectoria de los vehículos para la condición de máximo confort de éstos.

Según su posición, las parábolas verticales pueden ser convexas o cóncavas, o bien en saliente o cima, o en entrante o columpio.

La primera se presenta cuando va de una pendiente positiva a una negativa y la otra cuando va de una pendiente negativa a una positiva. Cuando la diferencia algebraica de dos pendientes que se enlazan es menor o igual a 0.5 %, se recomienda no diseñar una curva vertical porque la diferencia es mínima y se pierde en el proceso de construcción.

LONGITUD MÍNIMA

La distancia mínima en curvas verticales es aquella longitud necesaria que debe tener una curva vertical, que de seguridad a la circulación de dos vehículos en sentido contrario. Esta distancia mínima está en función de la distancia de visibilidad para parar que a su vez es función de la velocidad del proyecto, del tiempo de reacción y percepción del conductor y de la pendiente de entrada de la curva de entrada.

La longitud requerida para detener un vehículo es la suma de dos distancias:

- Distancia recorrida por un vehículo desde el momento en que se hace visible por el obstáculo hasta el instante en que se aplica los frenos.
- Distancia recorrida por el vehículo luego de aplicados los frenos y hasta el momento en que se detiene totalmente.

El tiempo de percepción es el que transcurre desde que el conductor ve el obstáculo hasta el momento en que toma una decisión acerca de lo que debe hacer.

El tiempo de reacción se entiende por el tiempo que se requiere para que el conductor de un vehículo accione los frenos, una vez que haya decidido que su aplicación es necesaria.

La relación es la siguiente:

$$d_o = \frac{V * t}{3.6} + \frac{V^2}{254 * (f \pm i)}$$

Donde:

V = Velocidad de proyecto. (Km/hr)

t = Tiempo de reacción y percepción del conductor (1.5 - 2 seg) cuando no se tiene el dato se toma 1,75seg.

f = Coeficiente de fricción (0.2 - 0.9) se toma 0,4

i = Pendiente de entrada en la curva vertical en el sentido del diseño (decimal)

Existen dos casos para cada tipo de curva vertical.

Curvas verticales en Cima:

Caso I.- Cuando la distancia de visibilidad para parar es mayor a longitud mínima.

$$do > L_{min}$$

$$L_{min} = 2 * do - \frac{2 * (H + h)^2}{P}$$

Caso II.- Cuando la distancia de visibilidad para parar es menor a longitud mínima.

$$do < L_{min}$$

$$L_{min} = \frac{P * do^2}{2 * (H + h)^2}$$

Donde:

do = Distancia de visibilidad para parar (m)

H = altura del ojo del conductor en un vehículo liviano (1.14 m.)

h = Altura del chasis del vehículo con respecto del nivel de la calzada
(0.15m)

P=Diferencia algebraica entre pendientes (decimal)

Lmin=Longitud mínima de la curva vertical (m)

Curvas verticales en Columpio:

Caso I.- Cuando la distancia de visibilidad para parar es mayor a longitud mínima.

$$do > L_{min}$$

$$L_{min} = 2 * do - \frac{2 * (H1 + do * \tan \alpha)}{P}$$

Caso II.- Cuando la distancia de visibilidad para parar es menor a longitud mínima.

$$do < L_{min}$$

$$L_{min} = \frac{2 * do^2}{2 * (H1 + do * \tan \alpha)}$$

Donde:

do = Distancia de visibilidad para parar (m)

H1 = Altura de los faros del vehiculo (0.6m)

= Angulo que forma el cono luminoso (1°)

P=Diferencia algebraica entre pendientes (decimal)

Lmin=Longitud mínima de la curva vertical (m)

CURVAS VERTICALES SIMÉTRICAS:

$$y = \frac{P * x_i^2}{2 * L}$$

Donde:

y = Ordenada vertical correspondiente al valor “x” entre la tangente y la curva
(m) deflección (m)

x_i = Distancia cualesquiera a encontrar “y” (m)

P = Diferencia algebraica entre pendientes (decimal)

L = Longitud de la curva (m)

CURVAS VERTICALES ASIMÉTRICAS:

Cuando no es posible la utilización de curvas simétricas en el diseño para enlazar subrasantes debido a la falta de espacio entre verticales se recurre al diseño de curvas asimétricas.

$$m = \frac{P * L_1 * L_2}{2 * (L_1 + L_2)}$$

$$y_1 = \left(\frac{x_1}{L_1} \right)^2 * m \quad y_2 = \left(\frac{x_2}{L_2} \right)^2 * m$$

Donde:

x₁ = Cualquier distancia de la zona entrante de la curva a partir del PCV
(0 < x₁ < L₁).

L₁ = Distancia proyectada entre el PCV y el vértice.

x₂ = Cualquier distancia de la zona entrante de la curva a partir del FCV
(0 < x₂ < L₂).

L₂ = Distancia proyectada entre el FCV y el vértice.

y₁ = Ordenada vertical correspondiente a x₁ entre la tangente y la curva.

y₂ = Ordenada vertical correspondiente a x₂ entre la tangente y la curva.

Tabla de replanteo:

Progresiva	Distancia acum.	Deflexión “y”	Cota rasante o tangente	Cota terreno o curva
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)

PUNTO MÁS BAJO O MÁS ALTO:

Simétricas:

$$Xp = \frac{L * g1}{g1 - g2}$$

Asimétricas:

$$Xp = \frac{g1 * L * L1}{(g1 - g2) * L2}$$

Si $Xp < L1$

$$Xp = \frac{g2 * L * L2}{(g2 - g1) * L1}$$

Si $Xp > L1$

2.2.1.1.8. PERFIL LONGITUDINAL

Se entiende por perfil longitudinal a aquel que resulta de la obtención de las cotas a lo largo del eje definitivo de diseño de una carretera a partir de las curvas de nivel, es decir se obtienen las cotas de las estacas correspondientes por interpolación. Esta metodología es la más práctica siendo aceptada su utilización siempre y cuando se disponga de un levantamiento topográfico que muestre exactamente las características del terreno, en caso contrario lo más recomendable es proceder a un replanteo del eje por nivelación, e ir obteniendo las cotas cada 20 mts. en rectas y cada 10 mts. en las curvas.

Cualesquiera de las formas de obtención de las cotas de nivelación, se procede en base a esos datos a graficar el perfil longitudinal del eje definitivo de la carretera en un plano milimetrado cuyas escalas más corrientes son 1:1000 horizontal y 1:100 vertical o 1:2000 horizontal y 1:200 vertical.

Después de obtenido el perfil longitudinal se procede a la elección de las subrasantes que son las líneas que definen el nivel de la carretera después de realizado el

movimiento de tierras. Estas subrasantes deberán ser elegidas tomando en cuenta tres aspectos importantes:

- Pendiente máxima especificada (12%).

- Puntos obligados de altimetría.

- Compensación de volúmenes longitudinalmente (en nuestro caso se opto por realizar más cortes que terraplenes)

2.2.1.1.9. TRAZADO DE RASANTES

La subrasante o rasante es el perfil de las terracerías del camino compuesto por las líneas rectas que son las pendientes unidas por arcos de curvas parabólicas verticales. Según sea el sentido del cadenamiento, las pendientes ascendentes se marcan con signo positivo y las descendentes con signo negativo.

La subrasante que se proyecte debe proyectar, en todo lo que sea posible, los cortes con los terraplenes en el sentido longitudinal y aún en el transversal cuando se aloje en una ladera que permita la compensación lateral. Cuando la ladera es muy inclinada y no se detienen los terraplenes, en el perfil aparece la subrasante como una línea mal compensada, continuamente en desperdicio, pero justificado ya que el camino debe alojarse totalmente en firme.

Para proyectar la subrasante debe tenerse en cuenta las especificaciones de pendiente máxima y de longitud de curvas verticales, además de la conveniencia de no usar contra-pendiente innecesarias, ni excesiva cantidad de quiebres que darían un alineamiento vertical defectuoso, inadecuado para el tránsito de vehículos el cual debe ser seguro y cómodo.

Una vez que se ha elegido una subrasante, deberán calcularse las curvas verticales y determinar los espesores.

2.2.1.2.0. MOVIMIENTO DE TIERRAS

PERFILES TRANSVERSALES

Definimos al perfil transversal como las características de la superficie del terreno transversalmente al eje definitivo del eje de la carretera. Este perfil transversal puede ser obtenido en campo o en gabinete si la poligonal del levantamiento es muy

próxima al eje definitivo se pueden utilizar las transversales de la poligonal, si se aleja del eje definitivo de la carretera se recomienda la obtención de perfiles transversales de gabinete en función al plano de curvas de nivel donde en cada estación se **traza transversales sobre cada estación perpendiculares al eje con una distancia de 10 m. a la derecha y 10 m. a la izquierda, con estos valores se grafica el perfil transversal del terreno.**

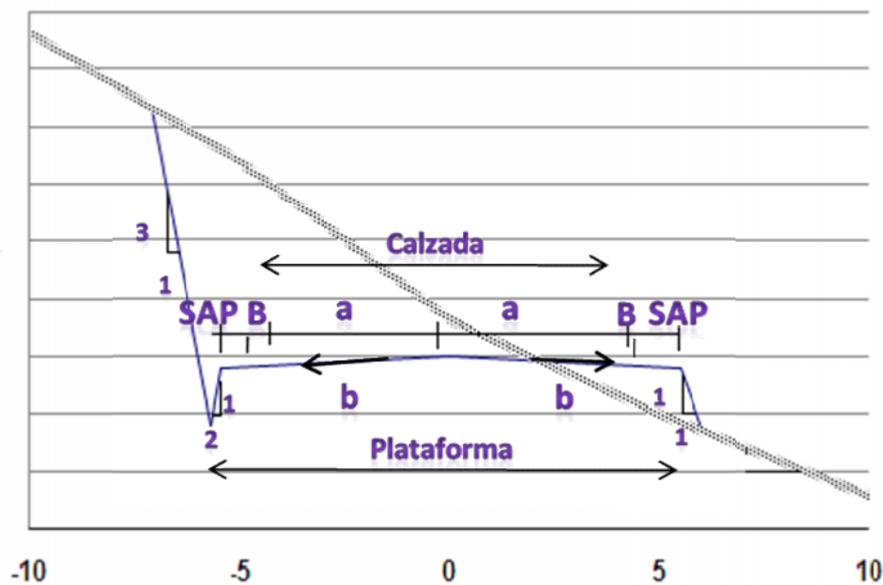
SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección transversal por definición son las características de una carretera terminada en su sección transversal, donde los componentes más usuales son:

- a) Calzada.
- b) Bermas.
- c) Sobreancho (SAP).
- c) Taludes de corte y relleno.
- d) Cunetas.
- e) Pendientes transversales.

FIGURA N° 1

PERFIL TRANSVERSAL DESCRIPTIVO, CALZADAS SEPARADAS EN RECTA



SOBREANCHO (m)

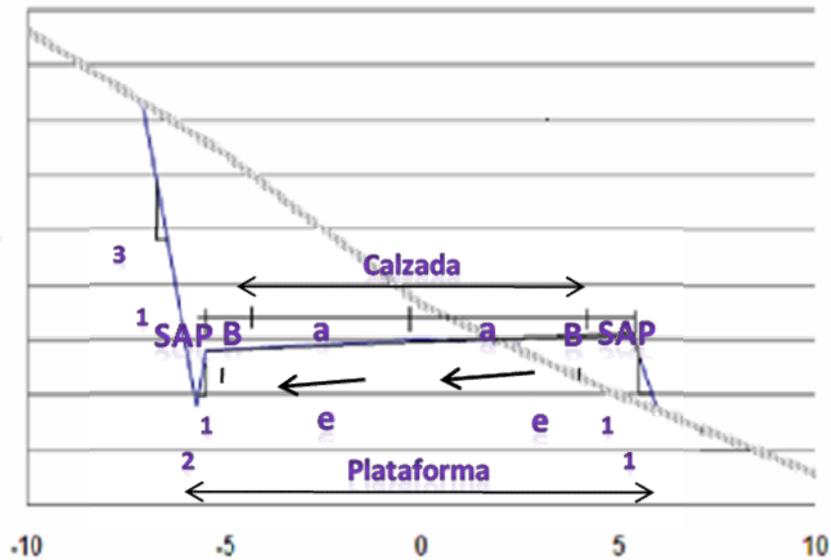
a= CARRIL (m)

b=PENDIENTE TRANSVERSAL O

BOMBEO (%)

B=BERMA (m)

FIGURA N° 2
PERFIL TRANSVERSAL DESCRIPTIVO, CALZADAS EN CURVA



SAP= SOBREANCHO

(m)

a= CARRIL (m)

e=PERALTE (%)

2.2.1.2.1. CÁLCULO DE ÁREAS Y VOLÚMENES

CÁLCULO DE ÁREAS

Para determinar el movimiento de tierras que origina un diseño geométrico de una carretera una vez definida la sección transversal en las diferentes estaciones a lo largo del camino, tomando todos los aspectos que intervienen en la definición de una sección transversal además de los otros emergentes del propio diseño como ser peralte o sobreebanco en curvatura.

Con estas secciones transversales definidas exactamente tanto en los tramos rectos como en los curvos se procede al cálculo de las áreas habiendo las siguientes metodologías:

- a) Por planímetro.
- b) Por secciones uniformes.
- c) Por papel milimetrado.
- d) Por coordenadas.

Cálculo de áreas por planímetro:

Para este método se utiliza un instrumento denominado planímetro que está compuesto por una apuntador que hace recorrer por el contorno de la sección y a medida que avanza ésta, un contador va midiendo el perímetro de la sección multiplicado por un coeficiente estandarizado, nos da directamente la superficie de la sección, la facilidad en la actualidad de tener planímetros digitalizados nos permite realizar mediciones de áreas más exactas y más rápidas.

Cálculo de áreas por secciones uniformes:

Consiste en seccionar un segmento de ancho uniforme “k” toda la superficie a se medida en la cual se establece diferentes cuerda “ l_i ” que se puedan ir midiendo acumulativamente determinándose el área de la sección con la relación:

$$A = \sum l_i * k$$

Donde:

l_i = Cuerdas entre extremos de la sección.

k = Equidistancia del segmento.

Cálculo de áreas por papel milimetrado:

Un método cuyo uso es común es el método del papel milimetrado que debido a que las secciones transversales son graficadas sobre papel milimetrado y a escala, es posible si la escala que normalmente se usa es 1:100 por lo tanto 1 cm² equivaldrá a 1m² siendo la sumatoria de los cm² que existen dentro de la sección nos darán la superficie o el área correspondiente.

Cálculo de áreas por coordenadas:

Consiste en determinar las coordenadas que forman la sección transversal y a partir de un determinante calcular el área correspondiente es un método que para realizarlo a mano es muy largo, pero todos los paquetes computacionales utilizan este método.

Una vez calculadas la áreas de las secciones transversales por cualquiera de los métodos anteriores se procede al cálculo del volumen de los prismoides, en el mismo que pueden existir en dos condiciones que son:

- Cubicación en vía recta.
- Cubicación en vía curva.

Uno de los ítems más importantes para la ejecución de carreteras es el movimiento de tierras que resulta ser aquel necesario para conformar el terreno a las condiciones del diseño. Por esta razón es indispensable realizar el cálculo de volúmenes.

Para el cálculo de volúmenes se tienen determinando varios casos entre los cuales tenemos:

CUBICACIÓN EN VÍA RECTA

CASO 1) CORTE – CORTE:

$$V_C = \frac{(A_{C1} + A_{C2}) * L}{2}$$

CASO 2) RELLENO – RELLENO:

$$V_R = \frac{(A_{R1} + A_{R2}) * L}{2}$$

CASO 3) CORTE – RELLENO:

$$V_C = \frac{A_C^2 * L}{2 * (A_C + A_R)}$$

CASO4) RELLENO - CORTE:

Donde:

A_C = Área de corte (m²)

A_R = Área de relleno (m²)

V_C = Volumen corte (m³)

V_R = Volumen relleno (m³)

L= Longitud entre secciones transversales (m)

$$V_R = \frac{A_R^2 * L}{2 * (A_C + A_R)}$$

CUBICACION EN VÍA CURVA

La cubicación en vía curva a diferencia de la cubicación en vía recta debe considerar el hecho de que dos secciones transversales inmediatas no son paralelas entre sí, es decir que el volumen entre dos secciones en vía curva será igual al volumen en vía recta más o menos un factor de corrección, que se denomina corrección por curvatura.

$$V_{CURVA} = V_{RECTA} \pm C_C$$

Donde:

V_{CURVA} = Volumen corregido en vía curva (m³)

V_{RECTA} = Volumen en tramo recto (m³)

C_C = Coeficiente de corrección en curva (m³)

El coeficiente de corrección de curvatura que nos permite determinar el volumen en vía curva, tiene la siguiente relación:

$$C_C = \frac{l}{2 * R} * (A_1 * e_1 + A_2 * e_2)$$

Donde:

L= Longitud entre secciones transversales (m)

R= Radio de la curva (m)

A_1 = Área de corte o relleno de la 1era sección transversal (m²)

A_2 = Área de corte o relleno de la 2da sección transversal (m²)

e_1 = Excentricidad de la 1era sección transversal (m)

e_2 = Excentricidad de la 2da sección transversal (m)

Si es curva de transición R=r

Mixtas:

Relleno o Corte:

$$e = \frac{l}{3} * (\pm x \pm a \pm d)$$

$$e = \frac{l}{3 * A} * (A + S) * (\pm di \pm dd)$$

2.2.1.2.2. DIAGRAMA MASA

Después de haber calculado las áreas de los volúmenes de los prismoides, pueden prepararse una tabulación de estos valores de manera como se indica como conversión, los cortes se llevan hacia arriba y los rellenos abajo. La curva resultante recibe el nombre de perfil de cortes y rellenos.

Este perfil es muy similar en forma al perfil longitudinal de la carretera, por lo que a veces se omite su dibujo y se representa por el perfil longitudinal.

Si los valores de los volúmenes acumulados son llevados como ordenadas en las abscisas correspondientes a la posición de las estaciones, la curva obtenida es el diagrama de masas.

En resumen, el perfil de cortes y rellenos concentra los volúmenes parciales de cada prismoide en el centro entre cada dos estaciones; en tanto que en el diagrama de masas, los volúmenes acumulados se colocan como ordenadas al final de la estación.

En la figura se ha representado el perfil longitudinal y el diagrama de masas de un sector de una carretera. De la misma pueden deducirse varias propiedades del diagrama de masas.

- 1.- El diagrama de masas no es un perfil. Como puede observarse al comparar la curva del diagrama de masas con el perfil longitudinal, no tiene ninguna relación con la topografía del terreno.
- 2.- El diagrama de masas está formado por una serie de ondas y éstas por ramas. Las ramas son ascendente en tramos donde, en el perfil longitudinal predomina el corte y descendente en tramos donde predomina el relleno. A su vez, la pendiente de la rama está relacionada con la magnitud del volumen. Pendientes muy elevadas indican grandes movimientos de tierra.
- 3.- Los puntos del diagrama de masas donde la pendiente de la rama cambia de signo correspondiente a vértices o máximas y mínimas de la curva. Ellos coinciden con los puntos en los que el perfil de cortes y rellenos pasa de corte a terraplén o viceversa.
- 4.- El diagrama de masas anula en puntos por detrás de los cuales los volúmenes de corte y terraplén, en el perfil de cortes y rellenos, son iguales.
- 5.- Entre los puntos del diagrama de masas, el volumen excedente es la diferencia entre las ordenadas en esas progresivas.
- 6.- En el diagrama de masas, los puntos de ordenadas positivas o negativas indican que entre el origen y ellos hay más volumen de corte o de terraplén respectivamente.
- 7.- Los puntos en los que una horizontal cualquiera corta una onda del diagrama de masas son puntos dentro los cuales hay igual volumen de banco y terraplén. Esta línea indica con el nombre de línea de compensación.
- 8.- En una onda cualquiera, el volumen de tierra compensado o balanceado es la ordenada comprendida entre la línea de compensación y el vértice del diagrama.

- 9.- La posición de una onda en relación a la línea de compensación indica la dirección del acarreo a realizar. Ondas sobre la líneas de compensación, o positivas, indican acarreos hacia atrás.

Un caso frecuente en un diagrama de masa es el de ondas que tienen tendencia a ir subiendo o bajando, o una combinación en ambos sentidos. Lo único que indica esta característica del diagrama de masas es que el nivel de la línea de compensación debe ir subiendo o bajando, tratando de lograr la mejor compensación y los transportes más económicos.

Cuando el diagrama ha sido compensado de esta manera, los volúmenes de banqueo y terraplén no quedan totalmente balanceados, dando origen a botes y préstamos abundantes.

La curva masa es un diagrama en el cual las ordenadas representan volúmenes acumulativos de las terracerías y las abscisas el cadenamiento correspondiente.

Corrientemente las abscisas se dibujan a escala de un cm. igual a una estación y las ordenadas se dibujan en escala de un cm. igual a 400 metros cúbicos, pero estas escalas pueden variarse según sea más conveniente.

Para determinar los volúmenes acumulados se consideran positivos el de los cortes y negativos los de terraplenes, y haciéndose la suma algebraicamente, es decir, sumando los volúmenes de signo positivo y restando los de signo negativo.

Para obtener la curva masa en forma óptima debemos seguir los siguientes pasos:

- 1.- Se proyecta la subrasante sobre el perfil del terreno.
- 2.- Se determina en cada estación o en los puntos que los acredite los espesores de corte o de terraplén.
- 3.- Se dibujan las secciones transversales topográficas.
- 4.- Se dibujan la plantilla de corte o del terraplén con los taludes escogidos según el tipo del material, sobre la sección topográfica correspondiente, quedando así dibujadas las secciones transversales del camino.

- 5.- Se calculan las áreas de las secciones transversales del camino por cualquiera de los métodos ya conocidos.
- 6.- Se calculan los volúmenes abundando los cortes y haciendo reducción de los terraplenes según el tipo de material y métodos escogidos.
- 7.- Se suman algebraicamente los volúmenes de cortes y terraplenes.
- 8.- Se dibuja la curva de los valores anteriores.

En términos generales, la línea de compensación que da los acarrees mínimos es aquella que corta el mayor número de veces a la curva masa.

Comparando varios diagramas de curva masa para un mismo tramo, el mejor será el más económico, esto es aún en aquellos cuya suma de importe se las excavaciones incluyendo préstamos, más el valor de lapso sobre acarrees, del menor precio, siempre y cuando se refiere a un perfil aceptable.

Los objetivos principales de la suma de masas son los siguientes:

- 1.- Compensar volúmenes.
- 2.- Fijar el sentido de los movimientos de material.
- 3.- Fijar el límite del acarreo libre.
- 4.- Calcular los sobre acarrees.
- 5.- Controlar préstamos y desperdicios y desperdicios.

El diagrama de masas es el resultado del movimiento de tierras de un proyecto, este diagrama de masas esta graficado en función de los volúmenes acumulados entre todas la secciones transversales (recta y curva) se dispondrá de los volúmenes de corte y de relleno en todo el alineamiento. Como los materiales sufren un esponjamiento o contracción cuando son de corte o relleno respectivamente debe realizarse una conversión en los materiales que puedan hacerse en función de los volúmenes de corte o de los volúmenes de relleno.

Brucker propone para una compensación debido conversiones se agregue **10% al material de relleno** antes de realizar la acumulación de volúmenes.

Los valores correspondientes a la suma algebraica de volúmenes, corresponden al excedente del volumen para cada prismoide entre dos estaciones sucesivas.

Habiendo marcado las estaciones en las abscisas, estos volúmenes se llevan como ordenadas en la abscisa correspondiente al centro entre las estaciones que limitan al prismoide. Por convención, los cortes se llevan hacia arriba y los rellenos hacia abajo o asumiendo los signos son, para cortes (+) y los rellenos (-), la curva resultante recibe el nombre de **perfil de cortes y rellenos**.

Este perfil es muy similar en forma al perfil longitudinal de la carretera, por lo que a veces se omite su dibujo y se presenta un perfil longitudinal.

Si los valores de los volúmenes acumulados son llevados como ordenadas en las abscisas correspondientes a la posición de las estaciones, la curva obtenida es el **diagrama de masas**.

2.2.1.2.3. DRENAJE DE LA CARRETERA

ELEMENTOS DE DRENAJE

CUNETAS

Son zanjas paralelas que corren después de las bermas su función es de recoger las aguas proveniente de las plataformas y los taludes de la carretera y llevarlas en el tiempo más corto fuera de la obra.

CONTRACUNETAS

Para el diseño de las contra cunetas que son obras de drenaje cuyo objetivo es captar aguas provenientes de lluvias que por las características del terreno van en dirección de la carretera y para evitar que estas sean captadas por las cunetas y obliguen a una mayor dimensión de las mismas, se opta por dimensionar contra cunetas en la parte superior del talud que eviten llegar aguas superficiales a las cunetas.

BOMBEO O PENDIENTE TRANSVERSAL

Se conoce como bombeo a la inclinación transversal que tiene la calzada con el propósito de facilitar el escurrimiento de las aguas superficiales.

El bombeo o pendiente transversal se define en función al tipo de material que tiene la superficie de rodadura, cuanto mayor lisura menor será la pendiente transversal

ALCANTARILLAS

Alcantarillas de alivio:

Son aquellas obras de drenaje cuyo objetivo principal es poder desahogar el caudal de las cunetas que vienen longitudinalmente al camino, para aquello se requiere captar el caudal en una cámara y transportarlo al lado opuesto al camino a través de una tubería. Estarán ubicadas cada cierto tramo de la carretera de manera que eviten el llenado excesivo de la sección de las cunetas, como una regla general o recomendable se dice que deben ir cada 100 m. sin embargo en un proyecto se tendrá que ver las condiciones económicas (disponibilidad) y las condiciones técnicas (topografía, pendiente, tipo de suelo) para en definitiva determinar la ubicación o separación entre cámaras.

Las alcantarillas de alivio obligadamente deberán ubicarse en los puntos más bajos de acuerdo al diseño geométrico, pueden ser sustituidas en sus objetivos por otros tipos de obras de arte como ser badenes, alcantarillas, puentes, etc.

La distinción entre alcantarillas y puentes es difícil porque ambos cumplen las mismas funciones, generalmente la distinción se hace por magnitud o tamaño de una obra.

Alcantarillas de cruce:

Son obras de drenaje en una carretera cuyo objetivo es resguardar la estructura de la carretera ante la presencia de una quebrada o río transversal al eje de la carretera.

Normalmente este tipo de obras deberán ir ubicada transversalmente a la carretera hasta un esviajamiento con el eje del río o quebrada de 5°, si este es mayor a 5° se recomienda que la obra sea colocada en forma esviajada.

FUNCIÓN DE LAS ALCANTARILLAS:

Sirve para la evacuación transversal de las aguas provenientes de:

- Las cunetas.

- La zanja de coronación.
- Terrenos adyacentes
- Arroyos permanentes.

TIPOS DE ALCANTARILLAS.

Existen varios tipos de alcantarillas entre las cuales las más usadas son:

- a) Alcantarillas de tubo.
- b) Alcantarillas de cajón.
- c) Alcantarillas de bóveda.

Alcantarillas de tubo:

Son aquellas que están recomendadas cuando las secciones del área hidráulica son relativamente pequeñas y cuando el arrastre de los ríos o quebradas no tenga palizada y piedras, aunque es posible utilizar alcantarillas de tubo de cemento (armado con malla) no ha dado resultados en la práctica siendo los de mayor uso los tubos de fierro corrugado de la marca ARMCO cuyas características han resultado ser las más adecuadas a nuestro medio, dentro de este tipo de alcantarillas existen varias dimensiones.

La ventaja es su durabilidad, su resistencia a la corrosión, su facilidad en el armado y en el traslado ya que tienen piezas relativamente pequeñas que pueden ser manipulables, la elección del tipo de tubo estará en función de su magnitud y las condiciones de entorno de la quebrada o río.

Muros de cabeza: son obras complementarias a una alcantarilla (principalmente en las de tubo) tiene como objetivo servir para el encausamiento de la quebrada o río a la entrada de la alcantarilla, además de servir como muro de sostenimiento del relleno o terraplén sobre la alcantarilla hasta el nivel de subrasante.

Los muros de cabeza son estructuras que pueden estar construidas de hormigón ciclópeo o mampostería de piedra, generalmente está compuesto de un muro frontal y dos aleros, las dimensiones de este muro de cabeza se recomiendan:

Para el muro frontal de 2 a 4 ϕ y para los aleros una dimensión de 2 ϕ mínimo.

Cuando las condiciones del entorno por el tipo de suelo que se tenga se necesiten alargar o empotrar los aleros estos deberán realizarse de mayor dimensión para dar seguridad a la estructura y evitar socavamiento lateral.

En cuanto a las dimensiones del muro en su cuerpo, éstos deberán dimensionarse siguiendo la misma metodología de los muros de contención donde la variable fundamental es encontrar esfuerzos a los que va a estar sometido el muro y con ella determinar el momento de empuje. Las dimensiones deberán dar un momento resistente mayor al momento de empuje con un coeficiente de seguridad al vuelco mayor a 2 y un coeficiente de seguridad al deslizamiento mayor a 1.5.

Además de esta estructura se recomienda a la salida de la alcantarilla ejecutar un trabajo de zampeado de piedra o un vaciado de hormigón pobre para evitar la socavación o en su caso alargar la salida del tubo.

Alcantarillas tipo cajón:

Las alcantarillas de cajón son otro tipo de alcantarillas cuya utilización se recomienda cuando las secciones o áreas hidráulicas dadas por un tipo de tubería se hacen insuficientes, en tal caso se busca una sección rectangular que satisfaga el área hidráulica necesaria.

Están conformadas por una base que puede ser de zampeado de piedra u hormigón pobre, dos paredes laterales de hormigón simple u hormigón ciclópeo cuyo hormigón debe ser suficiente para resistir los esfuerzos de apoyo de la losa superior, finalmente se tiene una losa de hormigón armado que puede servir a su vez como superficie de rodadura o en su caso soportar sobre ella un terraplén de relleno hasta el nivel de subrasante.

El dimensionamiento se lo hace de la forma ya indicada hallando la base y la altura.

Estructuralmente se deben dimensionar las paredes y la losa armada con su correspondiente distribución de hierros.

Alcantarillas de bóveda:

Este tipo de alcantarillas denominadas tipo bóveda están formadas por una semicircunferencia y sobre ella construida la estructura de tal manera que vaya

absorbiendo todos los esfuerzos. Su uso data de hace muchos años con resultados de duración buenos con una forma constructiva relativamente fácil si hay la disponibilidad del material, generalmente están construidas de mampostería de piedra, cuya piedra es especialmente labrada en bloques rectangulares para ir formando la estructura , también por su forma tiene la ventaja de obtener la mayor superficie hidráulica, en la mayoría de los casos la estructura superior sirve como capa de rodadura o en su caso una carpeta de grava o ripio como superficie de rodamiento. Con el fin de limitar el ancho de la calzada se tiene construidos unos bordillos también de mampostería de piedra de unos 20 a 30 cm. de ancho y 50 cm. de alto.

Alcantarillas de losa:

Son aquellas que están conformadas por apoyos denominados estribos y una estructura de losa de hormigón armado que sirve como capa de rodadura apoyada sobre los estribos, para diferenciar de un puente a una alcantarilla lo único que limita es la luz de la losa, para luces menores o iguales a 6 m. se denomina alcantarilla de losa, y para luces mayores a 6 m. puente losa.

Este tipo de alcantarillas son las que nos proporcionan una mayor área hidráulica, sin embargo la desventaja está en que comparada con otras esta puede ser la de mayor costo.

Su dimensionamiento hidráulico es igual que el resto de las alcantarilla, es decir se debe hallar una base por una altura. En lo estructural este tipo de alcantarillas tendrán que tener un dimensionamiento tanto de los estribos como de la losa de hormigón armado, en el caso de los estribos estos se diseñarán en función a los esfuerzos a los que va a ser sometido principalmente el empuje de las tierras y la reacción de la losa, además de las crecidas del agua del río tendrá que tener dimensiones suficiente para darnos coeficientes superiores de vuelco y deslizamiento.

En cuanto a la losa esta puede tener un dimensionamiento estructural en función a la carga de diseño del vehículo tipo que finalmente nos dará la armadura necesaria principal y de distribución y el espesor de la losa.

2.2.1.2.4. ANÁLISIS DEL SUELO Y PROCEDIMIENTO PARA MEJORAR EL TERRENO

Se procedió a realizar los análisis de suelo en tres lugares diferentes al proyecto Construcción Camino el Saire – Rincón, identificados en las siguientes progresivas.

(Progresiva 0+825) Muestra I, se tiene un terreno con las siguientes características:

Limites de Atterberg

LL = 22.85

LP = 19.39

IP = 3.46

Análisis Granulométrico

% Pasa Tamiz No. 10 = 37.13

% Pasa Tamiz No. 40 = 33.87

% Pasa Tamiz No. 200 = 30.10

Clasificación:

AASTHO = A - 2 - 4(0)

UNIFICADA = GP - GM

Se tiene así pues una mezcla de estratos granulares con mucho fino arenosos con estratos de suelo limo arcilloso de mediana plasticidad. El comportamiento después de la compactación es Bueno a Excelente, se establece en tiempo seco, a veces polvoriento y se reblandece cuando esta húmedo. El Equipo recomendado para su compactación es a Rodillo con pata de Cabra, Rodillo Liso con 3 Rodillos, Aplanadoras tándem y de rodillos de caucho, cualquiera de estos equipos es recomendable para su compactación.

PROCEDIMIENTO PARA MEJORAR EL TERRENO

Si el terreno presenta cambios perjudiciales de volumen, capilaridad o elasticidad, añádase arena o piedra triturada en proporciones convenientes. Mejórese el drenaje del suelo añadiendo material granular.

(Progresiva 3+600) Muestra II, suelo con las siguientes características:

Limites de Atterberg

LL = 39.22

LP = 24.72

IP = 14.50

Análisis Granulométrico

% Pasa Tamiz No. 10 = 100.00

% Pasa Tamiz No. 40 = 99.92

% Pasa Tamiz No. 200 = 98.43

Clasificación:

AASTHO = A - 6(10)

UNIFICADA = CL

Se tiene así pues una suelo arcilloso de mediana a alta plasticidad, El comportamiento después de la compactación es Regular a Bueno cuando seco y Malo en época de lluvias. El Equipo recomendado para su compactación es a Rodillo con pata de Cabra, Rodillo Liso con 3 Rodillos, Aplanadoras tándem y de rodillos de caucho, cualquiera de estos equipos es recomendable para su compactación.

PROCEDIMIENTO PARA MEJORAR EL TERRENO

Se recomienda la adición de material granular y además un buen sistema de drenaje.

(Progresiva 7+550) Muestra III, suelo con las siguientes características:

Limites de Atterberg

LL = 39.22

LP = 24.72

IP = 14.50

Análisis Granulométrico

% Pasa Tamiz No. 10 = 100.00

% Pasa Tamiz No. 40 = 99.92

% Pasa Tamiz No. 200 = 98.43

Clasificación:

AASTHO = A - 6(10)

UNIFICADA = CL

Se tiene así pues una suelo arcilloso de mediana a alta plasticidad, El comportamiento después de la compactación es Regular a Bueno cuando seco y Malo en época de lluvias. El Equipo recomendado para su compactación es a Rodillo con pata de Cabra, Rodillo Liso con 3 Rodillos, Aplanadoras tándem y de rodillos de caucho, cualquiera de estos equipos es recomendable para su compactación.

PROCEDIMIENTO PARA MEJORAR EL TERRENO

Se recomienda la adición de material granular y además un buen sistema de drenaje.

CAPÍTULO III

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

3.1. UBICACIÓN

El área del proyecto se encuentra ubicado en una de las provincias del Departamento de Tarija el cual se ubica al extremo sur de Bolivia, el mismo consta de una superficie de 37.623 Km² su proporcionalidad con el resto del país, se puede percibir de acuerdo al Cuadro 1, que corresponde al mapa de ubicación geográfica, el mismo que no ilustra la relación con respecto al espacio territorial nacional.

Cuadro 1
Proporcionalidad Territorial

ESPACIO TERRITORIAL	SUPERFICIE EN KM2	% DE PROPORCIONALIDAD
Bolivia	1.080.000,00	100,00
Tarija	37.623,00	3,48
Provincia Arce	5.205,00	0,48
Primera Sección Padcaya	4.225,17	0,39

Fuente: Diagnostico Municipal Padcaya

La Provincia Arce, se encuentra ubicada al Sur del Departamento de Tarija, limita al sur con la República Argentina, al Norte con las Provincias Avilés y Cercado, al Este con las Provincias O'Connor y Gran chaco y al Oeste con la Provincia Avilés; y está entre los paralelos 64° 42' 44'' de longitud y 21° 53' 01'' de latitud; se divide política y administrativamente en dos Secciones Municipales Padcaya y Bermejo.

El Municipio de Padcaya corresponde a la Primera Sección de la Provincia Arce y ocupa aproximadamente el 81% del espacio geográfico provincial, con una extensión de 4.225,17 Km. El Área del proyecto dentro del Departamento de Tarija está ubicada

en el Municipio de Padcaya, Primera Sección de la Provincia Arce, el cual está localizado a 50 km de la ciudad capital. Está ubicado entre los paralelos: 22°35'51'' y 21°46'08'' de latitud sur; y entre los meridianos: 65°05'35'' y 64°04'39'' de longitud oeste. La jurisdicción territorial del Municipio de Padcaya políticamente cuenta con 13 distritos y 73 comunidades rurales y las juntas vecinales de la localidad de Padcaya, con la implementación de la Ley de Participación Popular 1551, todos estos territorios tienen reconocimiento jurídico.

La Capital de la primera Sección Padcaya, limita al Norte con las Provincias Avilés y Cercado, al Sur con la segunda Sección Municipal de la provincia, al Este con las Provincias O'Connor y Gran Chaco y al Oeste con la Provincia Avilés. (Fig. 1)

Figura 3
Ubicación Geográfica de la Sección Padcaya



El tramo en estudio se encuentra en las comunidades del El Saire y Rincón Grande y tiene un alcance topográfico de 8,69 Km, tomando en cuenta que sigue el mismo

trazo del camino ya existente en un primera etapa, la distancia desde la capital de la Ciudad de Tarija a la primera comunidad de la zona de proyecto es de 50 Km.



Ubicación del inicio de la zona de estudio (Vista panorámica de la primera comunidad El Saire y posteriormente la comunidad de Rincón Grande)

3.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.2.1. INFORMACIÓN BÁSICA NECESARIA

La información básica necesaria utilizada fue la siguiente:

- Dos puntos GPS, los cuales fueron tomados con un equipo **GPS (PROMARK 3)**. Los cuales sirvieron como puntos de partida en el trabajo posterior

realizado con la estación total. El punto base BM1 está situado al lado de la Quebrada El Saire sobre el camino actualmente en servicio y el BM2 está situado alado del tramo es estudio al final de la comunidad de Rincon Grande.

3.2.2. MÉTODO DE TRABAJO

Una vez situados los dos puntos que sirven de BM's, se efectuó el levantamiento de los mismos, utilizando un equipo GPS PROMARK 3 dejándolos estacionados en cada punto 30 min.

Los datos fueron los siguientes:

PUNTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	ALTURA
BM 1	324.845,105	7.574.518,3	1.909,185
BM 2	323.259,88	7.573.919,809	1.911,352

Con las siguientes especificaciones técnicas de cada punto:

Sistema de grilla	Univ. Transverse Merc. S
Zona	ZN 20 (60°W – 66°W)
Datum Geodésico	World geodesia system 1984
Elevación	11540451
Angulo de corte	10
Tiempo visado	00hrs:30min
Numero de satélites	10
PDOP	1.7
Tipo de antena	11540451
Tipo de medición	Estática

Teniendo estos datos fundamentales de partida, se empezó el levantamiento usando una estación total. Para usar el equipo se necesita un par de puntos (punto estación y

punto referencia), una vez ubicado el equipo en el BM 1 se empezó a leer los puntos ubicando en primer lugar nuestra progresiva 0+000 en el terreno. Luego se traslado el equipo hasta este punto y se tomo como referencia el BM 1.

El levantamiento a través de los 8,69 Km. del tramo consistió en tomar puntos a lo largo de todo el trayecto 25 mts. A partir del eje del camino, tanto al lado izquierdo como al lado derecho; teniendo un total de longitud transversal de 50 mts. Tomando en cuenta que los puntos estación (STN) del equipo sirven como puntos para la poligonal principal.

En quebradas o arroyos de poca pendiente, ubicaciones de obras de arte se hizo el levantamiento a partir del eje del camino 150 mts aguas arriba y 150 mts. aguas abajo, tomando en cuenta que para ambos casos se levanto transversales. Con un mínimo de tres puntos.

Se tomaron como mínimo 4 puntos por transversal, y en lugares donde se exigía detalle en la topografía se tomaron los puntos necesarios. Se pusieron estacas de madera en el camino actual para indicar la distancia recorrida acumulada (progresiva) y una señal con pintura puesta a un costado de la vía para conocer el valor de dicha estaca. Como se muestra en la figura.



Estaca colocada en el eje del camino actual



Señalizaciones dejadas al borde del camino para mostrar el valor de la progresiva del trayecto recorrido.

Se dejaron 9 probetas de hormigón ubicadas a una distancia aproximada de 1Km una de otra, con el fin de tener un punto base en coordenadas x,y,z para el posterior replanteo, algunas de ellas están ubicadas cerca del camino actual y algunas otras tuvieron que ser ubicadas en lugares altos para que se puedan ver.

En la figura se muestra la posición final de una de ellas (progresiva 1+000).



Probeta de hormigón colocada aproximadamente a 1000 m una de otra.

La posterior edición de los datos tomados en campo fueron realizados con el mismo equipo utilizando el software **PROLINK versión 1.15**, los mismos que tienen el detalle siguiente:

PUNTO	X	Y	Z	DESCRIPCION
-------	---	---	---	-------------

PUNTO.- numero que el equipo aplica al punto a partir de un número inicial. Ej.

PTO 600.

X.- coordenada norte

Y.- coordenada este

Z.- altura sobre el nivel del mar (m)

DESCRIPCION.- nombre que se le da al punto al momento de grabarlo. Ej. **CASA, CM, etc.**

Toda la información obtenida del levantamiento topográfico será introducida en un programa especializado: *Surface Modeling* como componente integrado de *Autodesk*.

Las coordenadas de los puntos serán transformadas en un Triangulated Irregular Network (TIN) que permitirá configurar un entorno espacial para el diseño geométrico del camino en planta y perfil. Sobre la base del TIN se dibujará las respectivas curvas de nivel debidamente referenciadas y acotadas, además de incluir toda la información que se considere necesaria para la descripción detallada del terreno y del camino.

3.3 ESTACIÓN TOTAL

Las siguientes son las especificaciones más importantes del equipo utilizado.

ESTACIÓN TOTAL SOKKIA SERIE SET530RK

Telescopio		De rotación completa, mira coaxial y ópticas de medición de distancia		
Longitud		170mm (6.7in.)		
Apertura del objetivo		45mm (1.8in)(EDM: 48mm(1.9 in))		
Aumentos		26x		
Imagen		Directa		
Poder de resolución		3"		
Campo de visión		1o 30 (26m/1000m)		
Distancia focal mínima		1,0m 3.3ft)		
Iluminación del retículo		Incorporado. 5 niveles de brillo		
Medición angular		Equipo con codificador rotativo fotoeléctrico absoluto. Ambos círculos adoptan la detección diam		
Unidad	H&V	grados/gon/mil, seleccionable		
Resoluciones en pantalla	H&V	1", 0.2 mgon. 0.005 mil / 0.02 mil, seleccionable		
Precision (ISO 12857-2 1997)	H&V	6" (1.9 mgon) 0.025 mil		
Tiempo de medición	H	menos que 0.5 seg. Continuo		
Modo de medición	H	en sentido de las manecillas del reloj, en contra de las manecillas del reloj, seleccionable.		
	V	cent 0°, horizontal 0°, horizontal 0°+90, pendiente en porcentaje, seleccionable.		
Compensador automático de doble eje		ENCENDIDO (V&H, V solamente)/ Apagado seleccionable.		
	Tipo	sensor líquido de inclinación de doble eje.		
	Rango	+ -3' (+ - 55mgon), pantalla de advertencia " fuera de rango" proporcionada		
	Resolución de Pantalla	de acuerdo a resolución de pantalla		
Programa de collimación		ENCENDIDO/APAGADO seleccionable.		
Tornillos de movimiento fino				
Medición de la distancia		luz modelada casi infrarroja, (IEC Clase ILED)		
Rango de medición (distancia de la pendiente)	Con blanco de hoja reflectivo RS90N-1A	2m hasta 120m		
	Con prisma compacto CP01	1m hasta 800m		
	Con prisma AP01	A	1m hasta 2400m	
		G	1m hasta 2700m	
	Con tres prismas AP01	A	1m hasta 3100m	
		G	1m hasta 3500m	
Precision	Con prisma	Medición fina	+ - (2+2ppm x D) mm	
		Medición rápida	+ - (5+5ppm x D) mm	
	Con blanco de hoja reflectiva*1	Medición fina	+ - (4+3ppm x D) mm	
		Medición rápida	+ - (5+5ppm x D) mm	
Unidad		metros / pies / plg, seleccionable		
Resolución de pantalla	Medición fina	0.001m		
	Medición rápida	0.001m		
	Medición de rastreo	0.01m		
Tiempo de medición	Medición fina	cada 1.6 seg		
	Medición rápida	cada 0.8 seg		
	Medición de rastreo	cada 0.3 seg		
Modo de medición		medición fina / medición rápida / seguimiento , seleccionable		
Corrección atmosférica		(1) temperatura /entrada de temperatura, (2) entrada ppm, (3) sin compensación.		
Corrección constante del prisma		- 99 hasta + 99 mm		
Refracción & corrección de la curvatura de la tierra		encendido / apagado , seleccionable		
Almacenamiento y transferencia de datos				
almacenamiento de datos	Memoria interna		unos 10000 puntos	
	Unidad de tarjeta de memoria compacta flash*2		opcional	
Regulación del factor de escala		0.5 hasta 0.2		
Interface		serial asincrónico, compatible con RS-232C		
Salida de la impresora		compatible con centronics		
General				
Pantalla		LCD matriz de puntos alfanumérico con luz posterior en una cara.		
Teclado		4 teclas programables y 11 en cada cara		
Teclado inalámbrico				
sensibilidad de los niveles	Nivel de placa		40"/2mm	
	Nivel circular (en la base nivelante)		10"/2mm	
	Nivel de LCD gráfico		3' / circuito externo	
Plomada óptica (laser opcional)		imagen: directa, magnificación:3x, enfoque mínimo: 0.3 m		
Protección contra el agua y polvo		conformidad con la base IP66		
Temperatura de operación *3		- 20°C hasta +50°C		
Altura del eje de inclinación/ Soporte giratorio		236 mm desde el fondo de la base nivelante, 193 mm desde el plato de la base nivelante		
Tamaño con mango y batería		ancho 165 x prof. 170 x alt. 341 mm		
Peso con mango, batería y base nivelante		5.2 kg.		
Suministro de energía		voltaje de operación 6.7 v - 8.2 v		
		tiempo de recarga con cargador rápido standrad: menos de 2 horas		
Pantalla del nivel de la batería		4 pasos con mensaje de advertencia		
Corte automático de la energía		30/15/10/5 minutos después de la última operación		
Codigo de seguridad anti robos		incluido.		

3.4 GPS

GPS estacionario de alta precisión marca **Promark3™** y software de post-proceso **ASHTECH SOLUTIONS** Thales Navigation, Sta Clara, CA, USA.



ESTACIÓN TOTAL SOKKIA SET 530 RK



GPS MARCA PROMARK 3

CAPÍTULO IV

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

4. ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

4.1. INTRODUCCIÓN

El drenaje apropiado en una carretera es una consideración muy importante en el diseño de la misma. Las instalaciones inadecuadas para drenaje pueden conducir al deterioro prematuro de la carretera y al desarrollo de condiciones adversas de seguridad, como el hidroplaneo. Por lo tanto, es común que se destine una parte apreciable del presupuesto de construcción de la carretera a las instalaciones de drenaje.

En esencia, la función general del sistema de drenaje de una carretera es extraer el agua de lluvia del camino, así como el agua del derecho de vía de la propia carretera y depositarlas en lugares adecuados. El sistema de drenaje debe de suministrar las condiciones de drenaje superficial necesarias para cumplir este objetivo.

Todos los caminos se deben proyectar de manera que conduzcan eficazmente las crecidas producidas por las intensidades de lluvia máximas de manera segura librando de daños estructurales al camino, evitando problemas ambientales principalmente a corrientes de agua cercanas o a las propiedades adyacentes.

El presente estudio determina los datos hidrológicos necesarios para el diseño del sistema de drenaje superficial tomando en cuenta estas exigencias.

4.2. HIDROLOGÍA

En forma general a efectos de síntesis señalamos que el régimen hídrico de la zona depende de los factores climáticos, es decir, factores relacionados con la atmósfera y que determina el inicio del sistema hidrológico.

El clima de la zona de proyecto es típico de los valles con una temperatura anual

media de 17.1 °C. y una humedad relativa promedio de 67%.

Otro factor importante es el factor físico, en este caso representado por valles rodeados de algunos accidentes orográficos lo que convierte a la zona en una cuenca con bastantes flujos de agua, mismos que cruzan la carretera en distintos puntos.

Para el análisis de las subcuencas es necesario considerar todos los elementos y niveles en el proceso de formación del escurrimiento, es decir que los caudales no solamente son dependientes de la magnitud de las precipitaciones, sino de la estructura y estado de la cuenca en general, la orografía de la zona, pendientes de los causes, tipo de vegetación reinante, tipo de suelo y permeabilidad del mismo.

La zona de proyecto pertenece a la zona del Valle subandino, y se encuentra afectada por quebradas, bajantes o arroyos menores, de los cuales se mostrarán más adelante sus ubicaciones exactas correspondientes al replanteo topográfico

4.2.1. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los datos hidrológicos utilizados en el estudio provienen de los registros de AASANA, los que se considero más principales son:

Precipitaciones máximas en 24 hrs.

Ubicación de las estaciones

La estación de referencia adoptada para el estudio es la de Cañas, siendo la más cercana a la zona de proyecto y la estación patrón la de AASANA.

La ubicación de la estación de Cañas es:

Lat. S.: 21° 54'
Long. W.: 64° 51'
Altura: 2,030 m.s.n.m.

La ubicación de la estación Patron es:

Lat. S.: 21° 32' 48"
Long. W.: 64° 42' 39"
Altura: 1,849 m.s.n.m.

4.2.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO.

Con las precipitaciones ordenadas de acuerdo al año hidrológico, inicialmente se realizó un análisis de consistencia de la información de la estación en estudio versus la estación patrón, para conocer si es confiable la información con la que se desea trabajar, seguidamente se encontraron los parámetros geomorfológicos de las hoyas o subcuencas que rodeaban a las bajantes quebradas o arroyos para conocer el tiempo de concentración de cada hoyo utilizando métodos empíricos considerados en la norma ABC, prosiguiendo se inició el cálculo de las intensidades de precipitaciones mediante el método de Gumbell el cual se aplica para proyectar lluvias de acuerdo al periodo de retorno que se desee considerando de acuerdo a recomendación por la Norma ABC-Vol.II un periodo de retorno para alcantarilla de 50 años, con las intensidades ahora conocidas se inició el cálculo de los caudales máximos mediante el método Racional, el procedimiento de los mismos se muestra en el punto cinco (Ingeniería de Proyecto).

4.3. HIDRÁULICA

La proyección de Obras Hidráulicas en la ejecución de caminos es la principal forma de asegurar su vida útil, serviciabilidad y eficiencia, evitando que el agua proveniente de las precipitaciones pluviales y las aguas subterráneas afecten de alguna manera la plataforma del camino.

En el proceso constructivo de los caminos cuando se establecen las plataformas viales o se efectúan cortes en los taludes se produce una alteración del drenaje superficial y subterráneo en los terrenos donde se plantea una obra de infraestructura caminera.

Dependiendo de la ubicación del proyecto vial, las afectaciones pueden ser confinadas a sitios específicos o bien afectar a grandes sistemas hidrológicos. Las aguas cuando no son conducidas adecuadamente suelen producir inundaciones, desbordes, torrentes y afectar a los ecosistemas, por lo tanto es necesario realizar una serie de obras de drenaje para encausar las aguas.

La infraestructura de drenaje de las obras viales debe ser construida incorporando una

variable ambiental y de esa manera evitar y minimizar los daños e impactos negativos a los ecosistemas.

Si no hay un adecuado encause de las aguas, se produce la erosión de los suelos y la rotura de los bordes de la plataforma y de la capa de rodadura. Un buen sistema de drenaje superficial es la mejor manera de disminuir o eliminar los daños que las aguas producen a la vía. La evacuación de las aguas por medio de cunetas laterales, alcantarillas, bajantes y zanjas de coronamiento posibilita la protección de la plataforma y los taludes de las laderas.

Las cunetas son zanjas construidas al borde de la calzada para recoger y evacuar las aguas superficiales a través de conductos subterráneos que se ubican cada cierta distancia dirigiendo las aguas de un lado de la vía hacia el otro. Estos conductos, llamados alcantarillas, ayudan a controlar el flujo del agua y disminuyen su velocidad para anular el efecto erosivo.

Las zanjas de coronamiento son canales construidos en la parte alta del talud o faldeo para evitar que las aguas lleguen a la carretera. Estas obras de infraestructura evitan que se produzcan derrumbes o deslizamientos del material o desprendimientos de tierras de una ladera o talud por socavación.

La construcción de obras de infraestructura mencionada si no toma en cuenta la variable ambiental puede ocasionar problemas ambientales a diversos ecosistemas, alterando los cursos de agua, provocando contaminación en los ríos, produciendo afectaciones a la flora, fauna y uso de la tierra. En otros casos si no se estudia adecuadamente la problemática del drenaje puede incluso afectar a la misma plataforma vial deteriorando gravemente las obras de arte.

En la ejecución de obras de drenaje se debe contar con buenos diseños, los cuales deben estar supervisados por especialistas hidráulicos y ambientales que identifiquen los potenciales problemas que pueden generar esas obras y recomienden medidas de mitigación necesarias estableciendo los respectivos costos.

4.3.1. Recopilación de la información.-

Uno de los datos más importantes para el dimensionamiento de las obras de arte menor que en nuestro proyecto de ingeniería son las alcantarillas de cruce y las

cunetas son los caudales máximos obtenidos mediante el cálculo hidrológico para cada hoyo o subcuenca.

Las alcantarillas de cruce trabajan de manera complementaria con la siguiente información: coeficiente de rugosidad obtenido de acuerdo al tipo de material con el que se construirá la alcantarilla, pendiente de la tubería la misma que se obtiene de acuerdo a un replanteo de la quebrada aguas abajo y aguas arriba en donde se emplazara la alcantarilla.

Las cunetas necesitan de la siguiente información para su dimensionamiento hidráulico: una altura de borde libre recomendada por seguridad para los momentos de máxima crecida, coeficiente de manning de la superficie de circulación del agua, en nuestro caso al tratarse de una cuneta con forma triangular los taludes interior a la plataforma y el que colinda con el talud de corte, los áreas de aporte del derecho de vía y de la calzada, los coeficientes de escorrentía de los dos áreas de aporte y la pendiente longitudinal obtenida del perfil longitudinal del diseño geométrico.

4.3.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO.-

Alcantarillas de cruce.-

Se dimensionaron las alcantarillas de acuerdo a la ecuación de Manning y a monogramas recomendados por la norma ABC-Vol II (Hidrología y drenaje).

De acuerdo a la ecuación de manning con los datos mencionados en el punto 4.3.1. se calculo el diámetro de las alcantarillas, se escogieron alcantarillas de forma circular porque los caudales son pequeños en cambio si hubiera sido lo contrario se opta por alcantarillas de forma rectangular.

De acuerdo a los monogramas también se calcularon lo diámetros verificando que se cumpla que la altura de agua a la entrada de la alcantarilla sea menor a su diámetro.

Ahora trabajando con los resultados provenientes de los dos procedimientos, para la elección de la dimensión final, se tomaron en cuenta criterios como: que el diámetro mínimo debe ser de 1m para fines de limpieza y mantenimiento y más aun por

tratarse de un camino que se ejecutara en una zona Rural donde el mantenimiento lo realiza las persona del lugar, se verifico que las velocidades se encuentren dentro de los márgenes mínimos y máximos recomendados para no ocasionar sedimentación ni erosión.

Cunetas.-

Se dimensionaron las cunetas de acuerdo a la ecuación de Manning, se opto por una cuneta en forma triangular de material de mampostería de piedra, con los áreas de aporte y los coeficientes de escorrentía para cada uno se calculo el coeficiente de escorrentía ponderado, la intensidad se obtuvo del cálculo hidrológico, juntando todos los datos y resultados mediante el método racional se determino el caudal máximo y con el mismo reemplazar en la ecuación de manning y determinar la dimensión de la cuneta, adoptando medidas constructivas.

CAPÍTULO V

INGENIERÍA DE PROYECTO

5.1. EVALUACIÓN TÉCNICA DE ALTERNATIVAS.-

En el presente proyecto se presentan dos alternativas de las cuales una de ellas debe ser elegida.

Desde el punto de vista Técnico, existen diversos métodos de evaluación de rutas y trazados alternos. Dentro de estos métodos se encuentra el de Bruce, en el cual se aplica el concepto de Longitud virtual. Compara para cada ruta o trazado alternativo, sus longitudes, sus desniveles y sus pendientes, tomando en cuenta únicamente el aumento de longitud correspondiente al esfuerzo de tracción en las pendientes, tomando entre la más varias alternativas de trazo la de menor X_o (Longitud resistente) .

Realizaremos el procedimiento para las dos alternativas, luego plasmaremos dichos resultados en matrices para analizar los mismos.

Se expresa así:

$$x_o = x + k \sum y \quad (5.1)$$

Donde:

x_o = Longitud resistente (m)

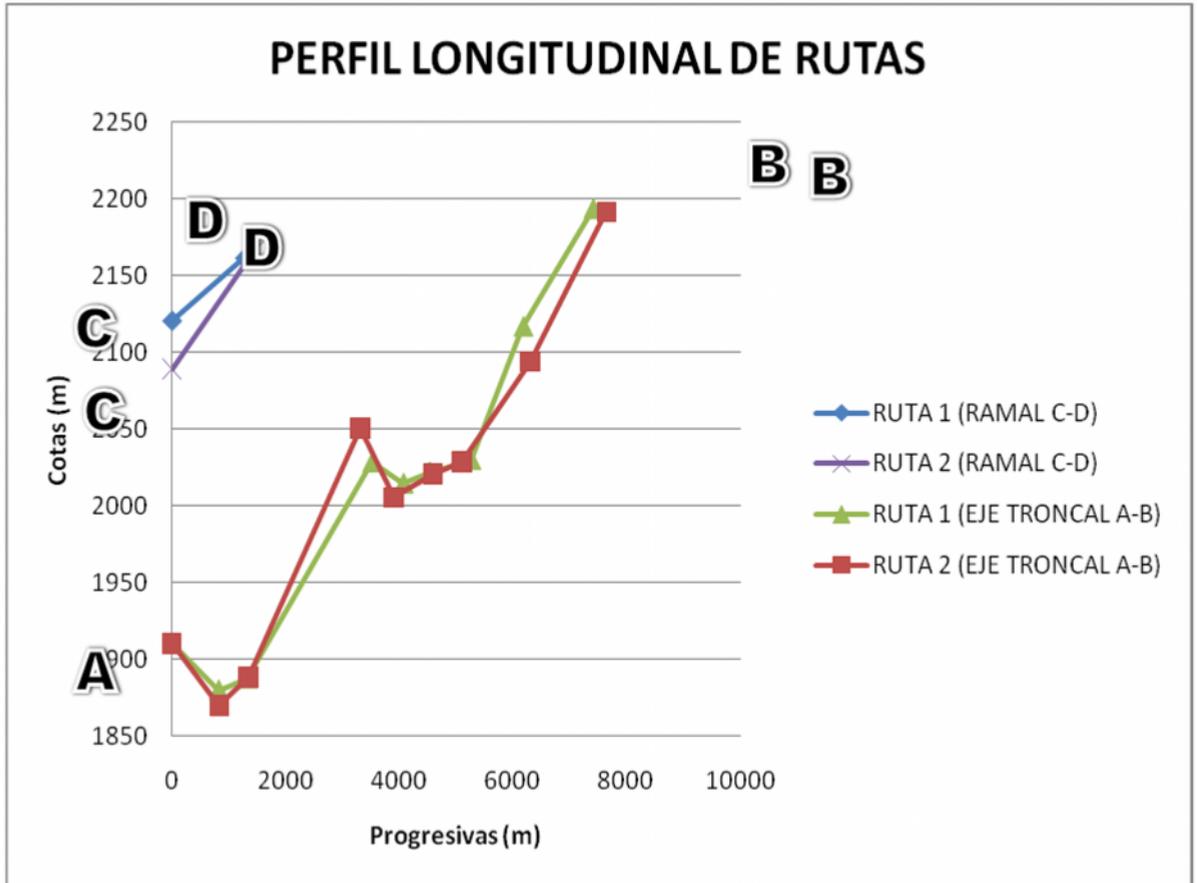
x = Longitud total del trazado (m)

$\sum y$ = Desnivel o suma de desniveles (m)

k = Inverso del coeficiente de tracción (adi)

TIPO DE SUPERFICIE	VALORES MEDIOS DE k
Carretera en tierra	20
Macadam	35
Pavimento asfáltico	32
Pavimento rígido	44
Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras- James Cárdenas Crisales	

Para la mejor y precisa evaluación preliminar, es necesario elaborar un perfil longitudinal aproximado, para obtener las progresivas, cotas y por ende sus pendientes de las rutas a ser analizadas como se muestra a continuación:



Como las vía a construir sobre esta ruta será de ripio (carretera en tierra) adoptamos $K=20$ y que la pendiente recomendada de acuerdo a la Norma ABC es de 12%, por lo tanto de acuerdo a la ecuación 5-1, para cada ruta se tiene las siguientes longitudes resistentes x_o desarrolladas a continuación y algunos parámetros adicionales a ser tomados en cuenta para la elección de la mejor alternativa:

Primeramente analizaremos las longitudes resistentes de A-B:

RUTA 1:

$$\sum y = \text{Desniveles perjudiciales por contrapendiente} =$$

$$7.6 + 140.8 + 7.5 + 7.9 + 86.7 + 76.8 + 41.1 = 368.40\text{m}$$

$$x = 7410 + 1280 = 8690\text{m} \quad k=20$$

$$x_o = x + k \sum y$$

$$x_o = 8690 + 20(368.40) = 16058\text{m}$$

RUTA 2:

$\sum y$ =Desniveles perjudiciales por contrapendiente =

$$18.4+162.1+15.1+8.2+65+97.45+76.6= 442.85\text{m}$$

$$x = 6650+1430= 9080\text{m} \quad k=20$$

$$x_o = x + k \sum y$$

$$x_o = 9080+20(442.85) = 17937\text{m}$$

Ahora, si el análisis de longitudes resistentes se realiza en sentido contrario, esto de B-A, como sería un camino de dos direcciones se tiene:

RUTA 1:

$\sum y$ =Desniveles por contrapendiente = 30.3+13.9=44.20m

Desniveles por excesos de pendientes= 0 $k=20$

$$x_o = x + k \sum y$$

$$x_o = 8690+20(44.2) = 9574\text{m}$$

RUTA 2:

$\sum y$ =Desniveles por contrapendiente = 40.3+44.8=85.10m

Desniveles por excesos de pendientes= 0 $k=20$

$$x_o = x + k \sum y$$

$$x_o = 9080+20(85.10) = 10782\text{m}$$

Alternativa II:

Evaluación Técnica:

CARRETERAS I 20		(valores inversos del coef. de tracción(k)-Diseño Geométrico de Carr)															
PEND. RECOM		12,00% 0,12															
TERREMONTAÑOSO																	
		LONGITUD RESISTE		LONGITUD RESISTENTE		LONGITUD RESISTE		LONGITUD RESISTENTE		TIPO DE SUELO							
		DES N LES PER J COT I (%) CIAL POR CONT ENDI ES (Su X	DES N LES P EXCE LES P ED CONT PEND ENDI TES (S ES (Su Y														
		DES N LES PER J COT I (%) CIAL POR CONT ENDI ES (Su X	DES N LES P EXCE LES P ED CONT PEND ENDI TES (S ES (Su Y														
A	0	191	0,3														
a	830	830	1870	-40,34,86%													
b	1345	515	1885,4	18,43,57%													
c	3315	1970	2050,5	162,82,23%													
d	3900	585	2005,7	-44,87,66%													
e	4600	700	2020,8	15,12,16%													
f	5100	500	2039	82,1,64%	4,42	9,08	20,	17,93	85,	0,0	9,08	20,	10,78	51,	100	88,7	11,2
C	6300	1200	2054	63,5,42%													
B	7650	1350	2191,45	97,48,22%													
C	0	0	2089														
D	1430	1430	2161,6	76,65,36%													
LTI=		9080															

5.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS.-

Alternativa I:

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
>	MD1 - TRABAJOS PREVIOS				103.682,47
1	INSTALACIÓN DE FAENAS	gb	1,00	18.078,90	18.078,90
2	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	gb	1,00	14.204,29	14.204,29
3	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO DE CAMINO	km	8,69	3.189,76	27.719,01
4	DESBROCE Y LIMPIEZA	ha	5,21	7.944,11	41.388,81
5	LEIRERO DE OBRA	pza	1,00	2.291,46	2.291,46
>	MD2 - MOVIMIENTO DE TIERRAS				3.068.764,03
6	EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA EN TERRENO COMÚN	m³	253.110,44	9,05	2.290.649,48
7	EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA EN TERRENO SEMIDURO	m³	12.594,41	22,16	279.092,13
8	CONFORMADO Y COMPACTADO DE TERRAPLEN	m³	14.502,25	34,41	499.022,42
>	MD3 - ESTABILIZACIÓN DE LA PLATAFORMA				270.862,52
9	CONFORMACIÓN DE CARPETA DE RIPIO	m³	4.690,26	57,75	270.862,52
>	MD4 - OBRAS DE DRENAJE				1.981.132,86
10	TRAZADO Y REPLANTEO DE ALCANTARILLAS	pza	44,00	247,53	10.891,32
11	EXCAVACIÓN MANUAL PARA OBRAS DE DRENAJE MENOR	m³	634,06	51,72	32.793,58
12	CAMA DE ARENA PARA TUBOS	m³	137,00	103,64	14.198,68
13	PROV. COLOCADO TUBO HORMIGÓN PREF. D=1.07M=42"	m	269,77	1.581,58	426.662,84
14	PROV. COLOCADO TUBERÍA HORMIGÓN PREF. D=1.22M=48"	m	34,38	1.816,03	62.435,11
15	PROV. COLOCADO TUBERÍA HORMIGÓN PREF. D=1.37M=54"	m	7,00	2.053,10	14.371,70
16	H.Cº PARA OBRAS DE ARIE (DOSIF. 1:2:4 PD=50%)	m³	459,43	938,64	431.239,38
17	CUNETAS REV. MAMPOSTERÍA DE PIEDRA (Dosif. 1:4)	m³	1.847,31	525,81	971.334,07
18	RELLENO Y COMPACTADO DE OBRAS DE ARIE MENOR	m³	309,13	55,66	17.206,18
>	MD5 - OBRAS COMPLEMENTARIAS				7.183,00
19	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	gb	1,00	7.183,00	7.183,00
	Total presupuesto:				5.431.624,88
Som: Cinco Millón(es) Cuatrocientos Treinta y Un Mil Seiscientos Veinticuatro con 88/100 Bolivianos					

Alternativa II:

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
>	M01 - TRABAJOS PREVIOS				107.071,39
1	INSTALACIÓN DE FAENAS	glb	1,00	18.078,90	18.078,90
2	MOMLIZACION Y DESMOMLIZACION	glb	1,00	14.204,29	14.204,29
3	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO DE CAMINO	km	9,08	3.189,76	28.963,02
4	DESBRUCE Y LIMPIEZA	ha	5,48	7.944,11	43.533,72
5	LEITERO DE OBRA	pza	1,00	2.291,46	2.291,46
>	M02 - MOVIMIENTO DE TIERRAS				3.520.110,23
6	EXCAVACION CON MAQUINARIA EN TERRENO COMUN	m³	285.001,23	9,05	2.579.261,13
7	EXCAVACION CON MAQUINARIA EN TERRENO SEMI DUR	m³	18.456,13	22,16	408.987,84
8	CONFORMADO Y COMPACTADO DE TIERRA PLEN	m³	15.456,59	34,41	531.861,26
>	M03 - ESTABILIZACION DE LA PLATAFORMA				277.271,03
9	CONFORMACION DE CARPETA DE RIPO	m³	4.801,23	57,75	277.271,03
>	M04 - OBRAS DE DRENAJE				1.842.142,26
10	TRAZADO Y REPLANTEO DE ALCANTARILLAS	pza	51,00	247,53	12.624,03
11	EXCAVACION MANUAL PARA OBRAS DE DRENAJE MENOR	m³	734,91	51,72	38.009,55
12	CAMA DE ARENA PARA TUBOS	m³	158,80	103,64	16.457,56
13	PROV. COLOCADO TUBO HORMIGON PREF. D=1.07M-42"	m	272,50	1.581,58	430.980,55
14	PROV. COLOCADO TUBERIA HORMIGON PREF. D=1.22M-4	m	42,23	1.816,03	76.690,95
15	PROV. COLOCADO TUBERIA HORMIGON PREF. D=1.37M-5	m	7,00	2.053,10	14.371,70
16	HCº PARA OBRAS DE ARTE (DOSIF. 1:24 PD=50%)	m³	509,49	938,64	478.227,69
17	CUNETAS REV. MAMPOSTERIA DE PIEDRA (Dosif. 1:4)	m³	1.435,60	525,81	754.852,84
18	RELLENO Y COMPACTADO DE OBRAS DE ARTE MENOR	m³	358,02	55,66	19.927,39
>	M05 - OBRAS COMPLEMENTARIAS				7.183,00
19	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	glb	1,00	7.183,00	7.183,00
	Total presupuesto:				5.753.777,92
Son: Cinco millones seiscientos sesenta y nueve mil seiscientos cinco con 99/100 Bolivianos					

5.3. DETERMINACIÓN DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA.-

Como puede observarse, la Alternativa (I), la cual se hace más atractiva Técnica y Económicamente con relación a la otra alternativa por las siguientes razones:

Técnicamente:

- Para ambos sentidos es la Ruta de menor resistencia.
- No sobrepasa la pendiente longitudinal de diseño del 12%.
- No sobrepasa los radios de curvaturas mínimos exigidos de acuerdo a norma para las características del terreno que es de 25m.
- Tiene menor longitud y referente a la otra alternativa.
- Cumple con el objetivo principal que es diseñar la Ingeniería para un tramo de camino en apertura, cumpliendo con todos los parámetros recomendados de acuerdo a la norma en actual vigencia de la Administradora Boliviana de Carretera.

Económicamente:

- Al presentar menores volúmenes de material semiduro, menor cantidad de obras de arte (alcantarillas), el estudio de ingeniería se hace atractivamente más factible desde el punto de vista económico, para su financiamiento a futuro.

5.4. ESTUDIO HIDROLÓGICO.-

Estación de estudio:

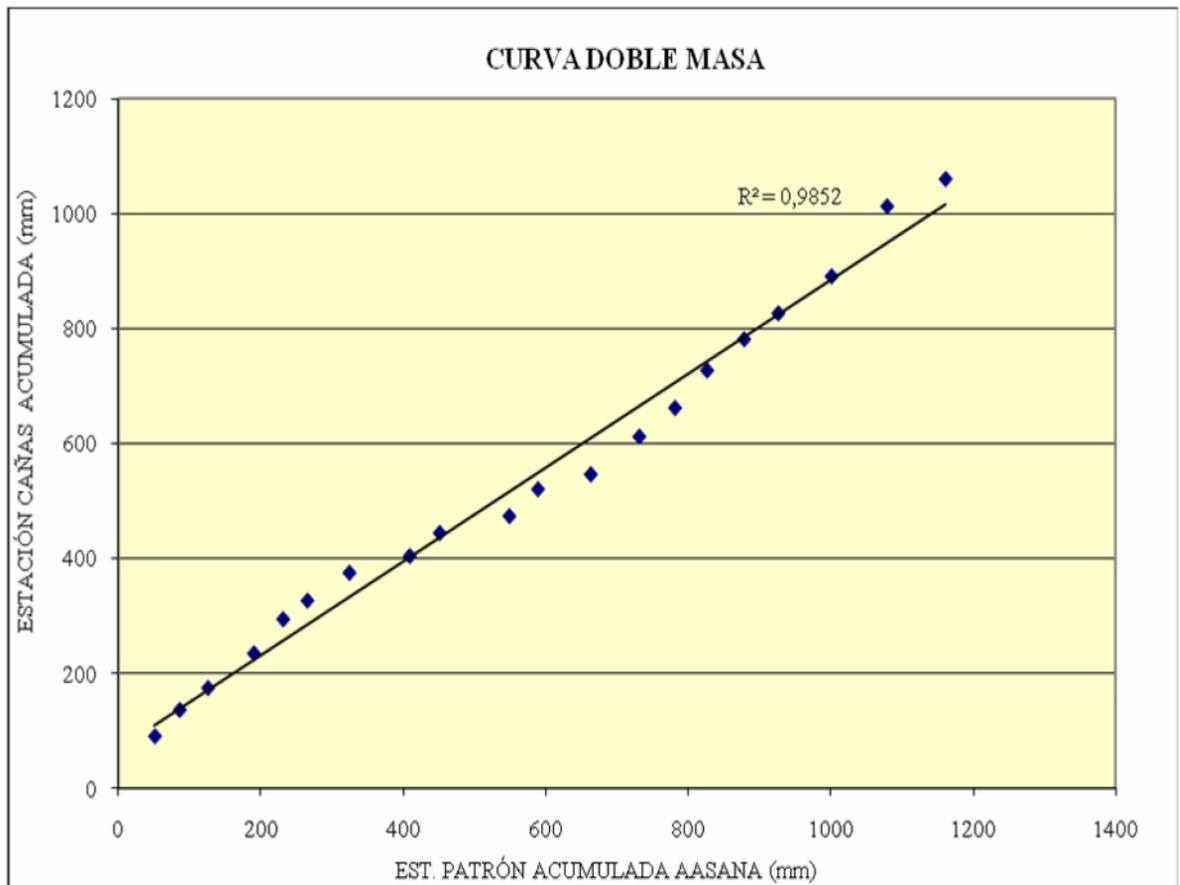
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 Hrs (mm)													
Estación: CANAS										Lat. S.: 21° 54'			
Provincia: ARCE										Long. W.: 64° 51'			
Departamento: TARJA										Altura: 2,030 ms.n.m			
ANO	OCT.	NOV.	DIC.	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	MAXIMA
1977	34,2	31,5	43,0				18,0	0,3	0,0	0,0	10,0	8,3	
1978	52,3	11,4	20,2	27,3	27,3	91,5	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	91,5
1979	14,2	38,2	36,1	45,7	22,6	37,8	8,0	0,0	0,0	4,3	16,5	0,9	45,7
1980	32,4	30,0	36,8	24,7	23,6	38,2	26,7	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	38,2
1981	0,0	38,6	35,2	38,0	60,1	28,6	25,5	0,0	0,0	0,0	15,3	3,8	60,1
1982	0,8	11,0	33,4	59,6	52,6	24,7	24,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	59,6
1983	12,1	14,1	16,6	17,1	32,3	3,1	3,6	1,6	0,0	1,0	0,0	2,2	32,3
1984	0,0	0,0	23,8	48,5	28,9	28,4	15,0	0,0	0,0	0,0	16,6	8,5	48,5
1985	15,6	23,1	20,6	28,2	29,1	25,4	10,6	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	29,1
1986	25,4	36,2	29,6	19,4	26,9	40,1	10,0	0,0	0,0	0,0	5,6	18,0	40,1
1987	29,4	22,1	10,6	20,2	22,4	10,8	18,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,4
1988	14,2	15,7	38,6	21,4	10,4	46,8	24,8	0,9	0,0	0,8	0,0	6,0	46,8
1989	10,6	19,6	20,2	25,9	16,8	20,9	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	25,9
1990				18,2	35,2	25,1	4,2	0,0	0,0	0,8			
1991													
1992	15,0	15,5	15,6	60,2	65,6	25,0	0,2	2,0	0,0	0,0	5,2	7,2	65,6
1993	10,0	10,2	40,4	35,0	50,0	44,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	50,0
1994	14,3	33,1	22,1	32,5	24,0	22,0	1,9				0,0	18,2	
1995	39,1	19,2	19,1	48,4	26,1	65,4	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	65,4
1996	4,2	28,0	29,0	40,0	54,1	14,2	15,2	27,0	0,0	0,0	2,4	21,2	54,1
1997	17,4	41,2	60,0	32,1	51,2	17,3	51,0	5,3	0,0	0,0	0,0	7,4	60,0
1998	12,6	17,6	45,0	35,0	26,0	27,2	21,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,0	45,0
1999	29,6	15,2	53,0	33,2	20,2	54,0	8,2	11,0	0,0	2,2	0,6	64,4	64,4
2000	14,4	22,6	32,0	122,0	35,2	63,0	11,0	0,2	0,0	0,0	0,0	1,8	122,0
2001	19,2	47,4	33,0	35,2	24,0	25,8	20,0	0,0	0,0	0,0	0,8	11,0	47,4
2002				28,6	41,8								
EXTR	52,3	47,4	60,0	122,0	65,6	91,5	51,0	27,0	0,0	4,3	16,6	64,4	122,0

Estación Patrón:

PRECIPITACION MAXIMA DIARIA (mm)													
Estación: AEROPUERTO											Lat. S.: 21° 32' 48"		
Provincia: CERCADO											Long. W.: 64° 42' 39"		
Departamento: TARIJA											Altura: 1,849 m.s.n.m.		
ANO	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	Maxima
1954	3,5	125,0	39,9					0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	
1955	8,1	21,0	16,3	15,0	56,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,0
1956	57,2	26,6	20,0	32,2	55,3	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	17,2	57,2
1957	30,0	7,3	32,0	54,2	35,2	40,2	4,5	0,0	0,0	0,0	3,1	4,0	54,2
1958	24,4	32,3	30,0	56,0	50,0	33,0	3,0	0,0	0,0	3,0	0,0	5,0	56,0
1959	34,5	26,0	60,1	24,6	51,0	13,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	60,1
1960	14,0	42,6	54,0	44,3	48,6	46,0	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	54,0
1961	35,6	7,6	27,5	36,0	46,4	70,0	50,0	2,0	0,0	0,0	0,0	1,8	70,0
1962	14,5	25,3	31,2	35,0	37,0	20,0	23,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	37,0
1963	6,6	14,5	48,0	51,0	31,2	40,8	35,0	2,6	4,0	0,0	0,0	0,0	51,0
1964	11,0	40,0	19,4	52,0	17,0	25,3	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,5	52,0
1965	11,4	4,0	23,4	37,0	26,0	15,0	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,0
1966	11,0	23,2	106,0	32,5	14,0	40,3	13,5	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	106,0
1967	12,6	18,6	56,0	20,0	36,7	22,0	18,5	0,0	0,0	0,0	0,1	13,0	56,0
1968	7,0	32,3	11,0	49,0	55,0	25,0	14,0	9,0	0,0	0,0	34,0	4,0	55,0
1969	17,0	52,0	50,0	34,0	57,0	8,6	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	57,0
1970	20,0	3,0	67,5	37,0	30,0	83,3	43,0	1,4	0,0	0,0	0,0	23,0	83,3
1971	17,0	38,0	28,2	45,0	55,1	25,0	11,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	55,1
1972	10,2	18,0	45,0	26,0	29,0	26,6	11,6	6,0	22,0	0,0	1,0	2,4	45,0
1973	16,0	17,0		51,0	17,8	82,6	16,6	25,6	0,0		2,0	0,0	
1974	7,1	11,0	42,3	48,5	42,6	19,0	19,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,5
1975	6,5	38,6	88,3	58,9	37,0	14,4	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,3	88,3
1976	1,0	28,0	26,2	40,6	19,4	40,6	0,0	1,0	0,0	0,0	2,7	3,5	40,6
1977	59,0	27,6	17,1	36,0	19,0	27,0	1,4	6,5	0,0	0,0	2,0	5,0	59,0
1978	17,6	26,0	49,0	51,0	31,0	13,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	51,0
1979	16,7	31,4	28,5	34,6	23,0	27,8	9,7	0,0	5,0	20,0	0,0	0,0	34,6
1980	10,0	16,6	39,7	21,6	31,8	29,0	7,0	6,0	0,0	0,0	3,0	0,0	39,7
1981	20,0	64,4	38,8	35,4	24,0	26,9	13,3	0,2	0,0	2,0	7,0	1,9	64,4
1982	16,3	8,7	41,0	36,0	13,5	18,4	23,5	2,4	0,0	0,0	0,0	0,2	41,0
1983	11,0	34,0	23,0	12,0	24,3	2,0	3,4	2,0	0,0	0,7	0,8	7,0	34,0
1984	15,0	20,0	59,0	19,2	41,2	38,8	1,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,6	59,0
1985	5,0	20,6	37,8	84,7	32,2	14,2	30,4	0,0	0,0	1,3	7,8	4,1	84,7
1986	13,0	37,5	42,0	19,8	40,5	25,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	42,0
1987	19,2	23,6	19,0	97,8	69,8	21,2	12,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	97,8
1988	11,0	4,4	29,8	37,2	13,6	29,6	40,1	0,3	0,6	1,0	0,0	1,0	40,1
1989	17,0	74,0	28,4	45,2	15,8	31,0	16,8	0,0	1,0	0,2	0,0	1,0	74,0
1990	8,2	43,8	35,0	27,2	44,0	13,2	3,2	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	44,0
1991	45,2	40,0	17,2	47,0	30,2	34,6	18,5	0,0	0,0	0,0	1,2	1,8	47,0
1992	18,8	25,0	17,5	68,1	23,5	34,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	68,1
1993	23,0	27,5	50,1	22,2	26,0	31,0	21,2	0,0	0,0	1,3	2,2	0,0	50,1
1994	12,9	26,2	29,0	38,2	26,5	13,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	38,2
1995	26,2	24,6	45,0	35,6	10,2	20,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	8,4	45,0
1996	3,0	37,0	38,4	44,0	35,6	52,0	0,8	8,2	1,0	0,0	4,4	8,2	52,0
1997		27,7	24,0	22,6	23,2	27,0	10,2	4,2	0,0	0,0	0,3	6,2	
1998	15,4	26,9	13,9	39,0	17,7	48,0	6,9	1,4	0,3	0,0	0,4	0,4	48,0
1999	28,0	5,0	31,0	23,8	74,7	52,0	4,5	2,4	1,4	0,0	0,0	20,0	74,7
2000	3,0	14,6	25,2	78,0	34,2	23,3	5,4	0,1	0,0	0,0	0,7	0,0	78,0
2001	47,6	14,4	82,0	22,2	37,0	15,3	5,6	0,0	0,1	0,0	1,2	5,4	82,0
2002	20,2	60,0	35,7	15,4	25,0	29,5	6,5	0,4	0,0	0,0	0,3	0,0	60,0
2003	8,6	21,6	48,8	23,8	7,8	21,8	0,3	1,6	0,0	0,0	0,0	1,5	48,8
2004	52,4	43,0	34,7	17,4	21,8	26,3	9,4	0,7	0,0	0,0	5,2	5,2	52,4
2005	1,2	28,4	26,2	35,0	41,5	54,2	4,6	0,0	0,0	0,2	0,2	2,2	54,2
Maxima	59,0	125,0	106,0	97,8	74,7	83,3	50,0	25,6	22,0	20,0	34,0	23,0	125,0

Se realizara un análisis de la consistencia de la información de la Estación en estudio referente la Estación Patrón, con la finalidad de conocer cuan confiables son los datos de la estación en estudio (se considera confiable si el coeficiente de correlación está por encima del 98%)

	Estacion patron:		AASANA	
		vs.		
	Estacion en estudio:		CAÑAS	
Año	ESTACIÓN CAÑAS	EST. PADCAYA ACUMULADA	ESTACIÓN PATRÓN	EST. PATRÓN ACUMULADA
78-79	91,5	91,5	51,0	51,0
79-80	45,7	137,2	34,6	85,6
80-81	38,2	175,4	39,7	125,3
81-82	60,1	235,5	64,4	189,7
82-83	59,6	295,1	41,0	230,7
83-84	32,3	327,4	34,0	264,7
84-85	48,5	375,9	59,0	323,7
85-86	29,1	405,0	84,7	408,4
86-87	40,1	445,1	42,0	450,4
87-88	29,4	474,5	97,8	548,2
88-89	46,8	521,3	40,1	588,3
89-90	25,9	547,2	74,0	662,3
92-93	65,6	612,8	68,1	730,4
93-94	50,0	662,8	50,1	780,5
95-96	65,4	728,2	45,0	825,5
96-97	54,1	782,3	52,0	877,5
98-99	45,0	827,3	48,0	925,5
99-00	64,4	891,7	74,7	1.000,2
00-01	122,0	1.013,7	78,0	1.078,2
01-02	47,4	1.061,1	82,0	1.160,2



ESTACIÓN	R^2	RESULTADO
CAÑAS	0,985	Consistente

(Se constato que la información de la estación de la comunidad de Cañas es confiable)

Características Geomorfológicas de las hoyas que Cruzan el camino:

Curso Principal	Prog. (m)	Curso Principal	Area		Longitud (m)	Cota Sup. (m.s.n.m.)	Cota Camin. (m.s.n.m.)	Desnivel (m)	Pte. (%)	Coef. Escorrentia (Adi)
			(m2)	(Km2)						
1	0+200	Quebrada S/N	15032,44	0,015	152,13	1945,00	1901,00	44,00	28,92	0,2
2	0+500	Quebrada S/N	24328,08	0,024	184,35	1955,00	1901,50	53,50	29,02	0,2
3	0+700	Quebrada S/N	22142,32	0,022	227,25	1920,00	1890,00	30,00	13,20	0,2
4	1+000	Quebrada S/N	33559,82	0,034	391,58	1905,00	1885,00	20,00	5,11	0,2
5	1+345	Quebrada S/N	185840,49	0,186	1807,51	1925,00	1888,00	37,00	2,05	0,2
6	1+527	Quebrada S/N	75730,56	0,076	1019,05	1915,00	1887,00	28,00	2,75	0,45
7	1+750	Quebrada S/N	9352,92	0,009	149,48	1940,00	1902,00	38,00	25,42	0,45
8	1+940	Quebrada S/N	9352,92	0,009	81,19	1919,00	1916,00	3,00	3,70	0,45
9	2+230	Quebrada S/N	44828,69	0,045	297,54	1995,00	1963,00	32,00	10,75	0,45
10	2+499	Quebrada S/N	24964,43	0,025	231,28	1985,00	1975,00	10,00	4,32	0,45
11	2+710	Quebrada S/N	55024,45	0,055	342,00	1990,00	1974,00	16,00	4,68	0,45
12	3+000	Quebrada S/N	76414,76	0,076	408,61	2010,00	1998,00	12,00	2,94	0,45
13	3+190	Quebrada S/N	11377,28	0,011	162,81	2035,00	2014,00	21,00	12,90	0,45
14	3+340	Quebrada S/N	15673,98	0,016	193,89	2040,00	2035,00	5,00	2,58	0,45
15	3+560	Quebrada S/N	72785,53	0,073	368,35	2040,00	2026,00	14,00	3,80	0,45
16	3+680	Quebrada S/N	5883,97	0,006	170,86	2014,00	2010,00	4,00	2,34	0,45
17	3+855	Quebrada S/N	7247,99	0,007	120,11	2020,00	1995,00	25,00	20,81	0,45
18	4+050	Quebrada S/N	87994,42	0,088	414,59	2035,00	2020,00	15,00	3,62	0,45
19	4+260	Quebrada S/N	28745,33	0,029	263,13	2030,00	2011,00	19,00	7,22	0,45
20	4+350	Quebrada S/N	6491,24	0,006	158,92	2020,00	2016,00	4,00	2,52	0,45
21	4+460	Quebrada S/N	1834,21	0,002	114,46	2030,00	2025,00	5,00	4,37	0,45
22	4+590	Quebrada S/N	8724,54	0,009	144,97	2039,00	2028,00	11,00	7,59	0,45
23	4+680	Quebrada S/N	14071,64	0,014	176,51	2045,00	2038,00	7,00	3,97	0,45
24	4+890	Quebrada S/N	96859,81	0,097	502,03	2050,00	2028,00	22,00	4,38	0,45
25	5+095	Quebrada S/N	22608,91	0,023	226,37	2055,00	2022,00	33,00	14,58	0,45
26	5+240	Quebrada S/N	25922,38	0,026	318,69	2070,00	2031,00	39,00	12,24	0,45
27	5+400	Quebrada S/N	15798,42	0,016	231,29	2065,00	2047,00	18,00	7,78	0,45
28	5+500	Quebrada S/N	27601,85	0,028	222,57	2095,00	2074,00	21,00	9,44	0,45
29	5+760	Quebrada S/N	17471,09	0,017	248,78	2110,00	2085,00	25,00	10,05	0,45
30	5+980	Quebrada S/N	25284,87	0,025	218,46	2135,00	2106,00	29,00	13,27	0,45
31	6+100	Quebrada S/N	7228,78	0,007	120,98	2120,00	2102,00	18,00	14,88	0,45
32	6+250	Quebrada S/N	22515,81	0,023	224,20	2150,00	2132,00	18,00	8,03	0,45
33	6+430	Quebrada S/N	15957,17	0,016	205,45	2153,00	2136,00	17,00	8,27	0,45
34	6+590	Quebrada S/N	24366,58	0,024	286,96	2158,00	2150,00	8,00	2,79	0,45
35	6+720	Quebrada S/N	22419,33	0,022	309,54	2175,00	2161,00	14,00	4,52	0,45
36	6+850	Quebrada S/N	32940,58	0,033	309,71	2190,00	2172,00	18,00	5,81	0,45
37	7+040	Quebrada S/N	28041,88	0,028	245,52	2200,00	2188,00	12,00	4,89	0,45
38	7+623	Quebrada S/N	9227,26	0,009	139,04	2135,00	2115,00	20,00	14,38	0,45
39	7+723	Quebrada S/N	4217,29	0,004	123,21	2145,00	2132,00	13,00	10,55	0,45
40	7+870	Quebrada S/N	6603,37	0,007	135,83	2165,00	2157,00	8,00	5,89	0,45
41	8+077	Quebrada S/N	16826,43	0,017	196,58	2170,00	2156,00	14,00	7,12	0,45
42	8+307	Quebrada S/N	6878,16	0,007	107,11	2175,00	2159,00	16,00	14,94	0,45
43	8+400	Quebrada S/N	27394,65	0,027	222,31	2195,00	2171,00	24,00	10,80	0,45
44	8+563	Quebrada S/N	9806,40	0,010	199,92	2174,00	2169,00	5,00	2,50	0,45

Cálculo del Tiempo de concentración:

A continuación se presentan las formulas empleadas en la obtención del tiempo de concentración y luego una matriz a detalle indicando los resultados obtenidos para cada hoyo en estudio.

(1) Kirpich (1940).

$$t_c = \frac{0.0078 * L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

L: Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, en pies.

S: Pendiente promedio de la cuenca, pies/pie.

Tc: Tiempo de concentracion [min].

(2) California Culverts Practice (1942).

$$t_c = 60 * \left(\frac{11.9 * L^3}{H} \right)^{0.385}$$

L: Longitud del curso de agua más largo, [mi].

H: Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, en [pies].

Tc: Tiempo de concentracion [min].

(3) Chereque.

$$T_c = \left(0.871 \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Tc: Tiempo de concentración, en [hrs].

L: Longitud del río principal, en [Km].

H: Desnivel del curso principal de la cuenca, en [m].

(4) Dirección general de carreteras y la State of california División of Highways.

$$T_c = 0.066 \left(\frac{L}{\sqrt{J}} \right)^{0.77}$$

Tc: Tiempo de concentración, en [hrs].

J: Pendiente media del curso principal [m/m]

L: Longitud del curso de agua más largo, en [Km].

(5) Ventura Heras.

$$T_c = 0.05 \sqrt{\frac{A}{J}}$$

Tc: Tiempo de concentración, en [hrs].

J: Pendiente media del curso principal [m/m].

A: Área de la cuenca, en [km²].

(6) Federal aviation Administration (1970).

$$t_c = \frac{1.8 * (1.1 - C) * L^{0.5}}{S^{0.333}}$$

C: Coeficiente de escorrentía del método racional [Adimensional].

L: Longitud del flujo superficial, en [pies].

S: Pendiente de la superficie, en [%].

Tc: Tiempo de concentración, en [min].

Matriz resumen del cálculo del tiempo de concentración:

Nº de Cuenca	Curso principal	(1) KIRPICH (1940).	(2) CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE (1942).	(3) CHEREQUE.	(4) DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS Y LA STATE OF CALIFORNIA DIVISION OF HIGHWAYS.	(5) VENTURAS HERAS.	(6) FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (1970).	DESECHANDO LOS VALORES EXTREMOS Y TOMANDO EL PROMEDIO DEL RESTO (HR)	DE ACUERDO AL MANUAL DE LA ABC (VOL. II- HIDROLOGIA Y DRENAJE) TC MIN=0,167(hrs.)
1	Quebrada S/N	0,025	0,025	0,025	0,025	0,011	0,197	0,025	0,167
2	Quebrada S/N	0,029	0,029	0,029	0,029	0,014	0,216	0,029	0,167
3	Quebrada S/N	0,046	0,046	0,046	0,046	0,020	0,312	0,046	0,167
4	Quebrada S/N	0,101	0,101	0,101	0,101	0,041	0,562	0,101	0,167
5	Quebrada S/N	0,467	0,468	0,468	0,465	0,151	1,638	0,467	0,467
6	Quebrada S/N	0,268	0,269	0,269	0,267	0,083	0,805	0,268	0,268
7	Quebrada S/N	0,026	0,026	0,026	0,026	0,010	0,147	0,026	0,167
8	Quebrada S/N	0,034	0,034	0,034	0,034	0,025	0,206	0,034	0,167
9	Quebrada S/N	0,061	0,062	0,062	0,061	0,032	0,276	0,061	0,167
10	Quebrada S/N	0,072	0,072	0,072	0,072	0,038	0,330	0,072	0,167
11	Quebrada S/N	0,094	0,094	0,094	0,094	0,054	0,391	0,094	0,167
12	Quebrada S/N	0,129	0,130	0,130	0,129	0,081	0,499	0,129	0,167
13	Quebrada S/N	0,036	0,036	0,036	0,036	0,015	0,192	0,036	0,167
14	Quebrada S/N	0,077	0,077	0,077	0,076	0,039	0,359	0,077	0,167
15	Quebrada S/N	0,108	0,108	0,108	0,108	0,069	0,435	0,108	0,167
16	Quebrada S/N	0,072	0,072	0,072	0,072	0,025	0,348	0,072	0,167
17	Quebrada S/N	0,024	0,024	0,024	0,024	0,009	0,141	0,024	0,167
18	Quebrada S/N	0,121	0,121	0,121	0,120	0,078	0,469	0,121	0,167
19	Quebrada S/N	0,065	0,065	0,065	0,065	0,032	0,297	0,065	0,167
20	Quebrada S/N	0,066	0,066	0,066	0,066	0,025	0,327	0,066	0,167
21	Quebrada S/N	0,042	0,042	0,042	0,042	0,010	0,231	0,042	0,167
22	Quebrada S/N	0,040	0,040	0,040	0,040	0,017	0,217	0,040	0,167
23	Quebrada S/N	0,060	0,060	0,060	0,060	0,030	0,297	0,060	0,167
24	Quebrada S/N	0,130	0,130	0,130	0,129	0,074	0,484	0,130	0,167
25	Quebrada S/N	0,044	0,044	0,044	0,044	0,020	0,218	0,044	0,167
26	Quebrada S/N	0,062	0,062	0,062	0,061	0,023	0,274	0,062	0,167
27	Quebrada S/N	0,057	0,057	0,057	0,057	0,023	0,271	0,057	0,167
28	Quebrada S/N	0,052	0,052	0,052	0,052	0,027	0,250	0,052	0,167
29	Quebrada S/N	0,055	0,055	0,055	0,055	0,021	0,258	0,055	0,167
30	Quebrada S/N	0,045	0,045	0,045	0,045	0,022	0,221	0,045	0,167
31	Quebrada S/N	0,027	0,027	0,027	0,027	0,011	0,158	0,027	0,167
32	Quebrada S/N	0,055	0,055	0,055	0,055	0,026	0,264	0,055	0,167
33	Quebrada S/N	0,051	0,051	0,051	0,051	0,022	0,250	0,051	0,167
34	Quebrada S/N	0,101	0,101	0,101	0,100	0,047	0,425	0,101	0,167
35	Quebrada S/N	0,088	0,089	0,089	0,088	0,035	0,376	0,088	0,167
36	Quebrada S/N	0,080	0,080	0,080	0,080	0,038	0,346	0,080	0,167
37	Quebrada S/N	0,072	0,072	0,072	0,072	0,038	0,326	0,072	0,167
38	Quebrada S/N	0,031	0,031	0,031	0,030	0,013	0,171	0,031	0,167
39	Quebrada S/N	0,031	0,031	0,031	0,031	0,010	0,179	0,031	0,167
40	Quebrada S/N	0,042	0,042	0,042	0,042	0,017	0,228	0,042	0,167
41	Quebrada S/N	0,052	0,052	0,052	0,052	0,024	0,258	0,052	0,167
42	Quebrada S/N	0,025	0,025	0,025	0,025	0,011	0,149	0,025	0,167
43	Quebrada S/N	0,049	0,049	0,049	0,049	0,025	0,238	0,049	0,167
44	Quebrada S/N	0,079	0,079	0,079	0,079	0,031	0,368	0,079	0,167

**REGISTRO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA
DIARIA ANUAL**

Datos proporcionados por AASANA

Estacion: CAÑAS

Provincia: ARCE

Departamento: TARIJA

Altura: 2030 m.s.n.m.

Latitud S: 21° 54'

Longitud W: 64° 51'

AÑO HIDROLOGICO		PRECIPITACION	
		(milímetros)	(pulgadas)
1978	1979	91,50	3,6051
1979	1980	45,70	1,80058
1980	1981	38,20	1,50508
1981	1982	60,10	2,36794
1982	1983	59,60	2,34824
1983	1984	32,30	1,27262
1984	1985	48,50	1,9109
1985	1986	29,10	1,14654
1986	1987	40,10	1,57994
1987	1988	29,40	1,15836
1988	1989	46,80	1,84392
1989	1990	25,90	1,02046
1992	1993	65,60	2,58464
1993	1994	50,00	1,97
1995	1996	65,40	2,57676
1996	1997	54,10	2,13154
1998	1999	45,00	1,773
1999	2000	64,40	2,53736
2000	2001	122,00	4,8068
2001	2002	47,40	1,86756

1mm=

0,0394 in

promedio= 53,055 mm

desv. Estan= 22,564 mm

LOS METODO PROBABILISTICOS PARA LA ESTIMACION DE CAUDALES, TAMBIEN SON APLICABLES PARA DETERMINAR LA DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION, EL MAS UTILIZADO EN NUESTRO MEDIO ES EL DE GUMBEL, QUE ES EL METODO QUE SE UTILIZARA DIRECTAMENTE EN ESTE PROYECTO

LEY DE GUMBEL. SE APLICA PARA PROYECTAR LAS LLUVIAS DE ACUERDO AL PERIODO DE RETORNO QUE SE DESEA, EN ESTE CASO Y PARA EL ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS METODOS DE APLICACIÓN A VARIAS CUENCAS Y CON DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO, ESTIMAREMOS LAS LLUVIAS PARA PERIODOS DE RETORNO DE 10, 25, 50 Y 100 AÑOS

PROCEDEMOS A DETERMINAR LA VARIABLE REDUCIDA PARA LOS DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO:

VARIABLE REDUCIDA:

$$Y = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right)$$

PERIOD RETORNO (T)	VARIABLE REDUCIDA (Y)
10	2,250
25	3,199
50	3,902
100	4,600

Y= VARIABLE REDUCIDA

T=PERIODO DE RETORNO

ln=FUNCION DEL LOGARITMO NEPERIANO (BASE e)

COEF. DE DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL:

$$K = \frac{(Y - Y_N)}{\text{Sig} \cdot N}$$

DE LA TABLA III.1 Y III.2 DE LA DISTRIBUCION DE GUMBEL CON EL NUMERO DE DATOS n=20

OBTENEMOS LOS VALORES DE YN=0,5236

Sig.N=1,0628

Tabla N° 44

n	YN	Sig. N
7	0,4578	0,9453
10	0,4967	0,9575
11	0,5008	0,9735
12	0,5043	0,987
13	0,5057	0,9994
14	0,5103	1,0105
15	0,5128	1,0206
16	0,5152	1,0303
17	0,5175	1,0392
18	0,5196	1,0475
19	0,5214	1,0553
20	0,5236	1,0628
21	0,5252	1,0696
22	0,5266	1,0754
23	0,5283	1,0811
24	0,5296	1,0864
25	0,5309	1,0915
26	0,532	1,0961
27	0,5332	1,1004
28	0,5343	1,1047
29	0,5353	1,1096
30	0,5362	1,1124

**Fuente: Carreteras y Estudio Proyecto
Jacob Carciente**

n=NUMERO DE DATOS

YN=VALOR MEDIO ESPERADO DE LA VARIABLE REDUCIDA
 Sig. N=DESVIACION ESTANDAR DE LA VARIABLE REDUCIDA
 Y= VARIABLE REDUCIDA

n= 20
 YN= 0,5236
 Sig.N= 1,0628

PERIOD RETORNO (T)	COEFICIENT E DE DISTRIBUCIO N DE GUMBEL (K)
10	1,625
25	2,517
50	3,179
100	3,836

PRECIPITACIÓN DE DISEÑO PARA PERIODOS DE RETORNO:

ECUACION DE V.T.CHOW:

$$h_t = X P + K * S X$$

ht= ALTURA DE LLUVIA MAXIMA PARA UN PERIODO DE RETORNO (mm)
 XP= PROMEDIO DE LOS DATOS DE PRECIPITACION =53,055
 SX= DESVIACION ESTÁNDAR DE LOS DATOS =22,564
 K= COEFICIENTE DE DISTRIBUCION

PERIOD RETORNO (AÑOS)	LLUVIAS MAXIMAS (ht)	
	(mm)	(plg)
10	89,716	3,535
25	109,846	4,328
50	124,780	4,916
100	139,604	5,500

ADOPTAMOS PARA
DISEÑO

APLICACIÓN DEL MÉTODO RACIONAL:

LLUVIAS MAYORES A 2 HORAS Y MENORES A 24 HORAS

$$h(t, T) = h_t * \left(\frac{t}{18} \right)^b$$

h(t,T)= LLUVIA MAXIMA PARA UNA DURACION t,
 CORRESPONDIENTE A UN PERIODO DE RETORNO T
 t= TIEMPO DE DURACION DE LA LLUVIA EN HORAS. ESTE
 PARAMETRO HACEMOS VARIAS PARA t HORAS MAYORES A 2
 HORAS Y MENORES A 24 HORAS
 ht= LLUVIA MAXIMA PARA CIERTO PERIODO DE RETORNO CON
 DISTRIBUCION DE GUMBEL PARA PERIODO DE RETORNO DE
 50 AÑOS

	b=	COEFICIENTE EN FUNCION DE LA REGION A ESTUDIARSE, OBTENIDA A PARTIR DE REGISTROS PLUVIOGRAFICOS VARIA ENTRE (0,2-0,3)					
	0,2	(LA PRACTICA QUE PARA LAS CUENCAS DE BOLIVIA b=0,2 QUE ES VALOR BASTANTE ACEPTABLE Y PROPORCIONA VALORES MAS REALES DE LA INTENSIDAD MEDIA DE LLUVIA FUENTE: ESTUDIO HIDROLOGICO CON FINES DE DRENAJE CARRETERA SAN LORENZO-CANASMORO-SERVICIO NACIONAL DE CAMINOS ING. ARTURO DUBRAVCIC ALAIZA)					
Periodo de retorno T; años	Tiempo duracion t (hr.)						
	2	4	6	8	10	12	14
10	57,812	66,409	72,019	76,284	79,765	82,728	85,318
25	70,784	81,310	88,178	93,400	97,663	101,290	104,462
50	80,408	92,364	100,166	106,098	110,941	115,061	118,663
100	89,960	103,337	112,066	118,703	124,120	128,730	132,760
Periodo de retorno T; años	Tiempo duracion t (hr.)						
	16	18	20	22	24		
10	87,627103	89,715805	91,62636477	93,3897028	95,0291196		
25	107,28887	109,846232	112,1854827	114,344478	116,351747		
50	121,87509	124,780132	127,4374109	129,889928	132,170091		
100	136,3536	139,603763	142,5767212	145,320593	147,871634		
<u>LLUVIAS MENORES A 2 HORAS:</u>							
* ANALITICAMENTE SE PUEDE ENCONTRAR UNA ECUACION PARABOLICA (T=10 años)							
$Y^2 = (4 * a) * X$							
PARA X=	0	TENEMOS y=	0				
PARA X=	2	TENEMOS y=	57,81233				
DESPEJANDO a:							
$a = \frac{Y^2}{4 * X}$							
a= 417,783							

QUEDANDO LA ECUACIÓN PARABÓLICA:

$$Y^2 = (4 * 417.783) * X \quad P = \sqrt{(4 * 417.783) * t}$$

x	y
(HORAS)	LLUVIA (mm)
0,25	20,440
0,5	28,906
1	40,879
1,5	50,067
2	57,812

*ANALÍTICAMENTE SE PUEDE ENCONTRAR UNA ECUACIÓN PARABÓLICA (T=25 años)

$$Y^2 = (4 * a) * X$$

PARA X= 0 TENEMOS y= 0
 PARA X= 2 TENEMOS y= 70,784

DESPEJANDO a:

$$a = \frac{Y^2}{4 * X}$$

$$a = 626,301$$

QUEDANDO LA ECUACIÓN PARABÓLICA:

$$Y^2 = (4 * 626301) * X \quad P = \sqrt{(4 * 626.301) * t}$$

x	y
TIEMPO (HORAS)	LLUVIA (mm)
0,25	25,026
0,5	35,392
1	50,052
1,5	61,301
2	70,784

*ANALÍTICAMENTE SE PUEDE ENCONTRAR UNA ECUACIÓN PARABÓLICA (T=50 años)

$$Y^2 = (4 * a) * X$$

PARA X= 0 TENEMOS y= 0
 PARA X= 2 TENEMOS y= 80,408

DESPEJANDO a:

$$a = \frac{Y^2}{4 * X}$$

$$a = 808,172$$

QUEDANDO LA ECUACIÓN PARABÓLICA:

$$Y^2 = (4 * 808172) * X \quad P = \sqrt{(4 * 808.172) * t}$$

x	y
TIEMPO (HORAS)	LLUVIA (mm)
0,25	28,428
0,5	40,204
1	56,857
1,5	69,635
2	80,408

*ANALÍTICAMENTE SE PUEDE ENCONTRAR UNA ECUACIÓN PARABÓLICA (T=100 años)

$$Y^2 = (4 * a) * X$$

PARA X= 0 TENEMOS y= 0
PARA X= 2 TENEMOS y= 89,960

DESPEJANDO a:

$$a = \frac{Y^2}{4 * X}$$

$$a = 1.011,596$$

QUEDANDO LA ECUACIÓN PARABÓLICA:

$$Y^2 = (4 * 1011596) * X \quad P = \sqrt{(4 * 1011.596) * t}$$

x	y
TIEMPO (HORAS)	LLUVIA (mm)
0,25	31,806
0,5	44,980
1	63,611
1,5	77,907
2	89,960

Tiempo t (hr.)	Periodo de retorno T (años)			
	10	25	50	100
	Lluvia (mm)	Lluvia (mm)	Lluvia (mm)	Lluvia (mm)
0,25	20,440	25,026	28,428	31,806
0,5	28,906	35,392	40,204	44,980
1	40,879	50,052	56,857	63,611
1,5	50,067	61,301	69,635	77,907
2	57,812	70,784	80,408	89,960

Ecuaciones de Lluvias Maximas:

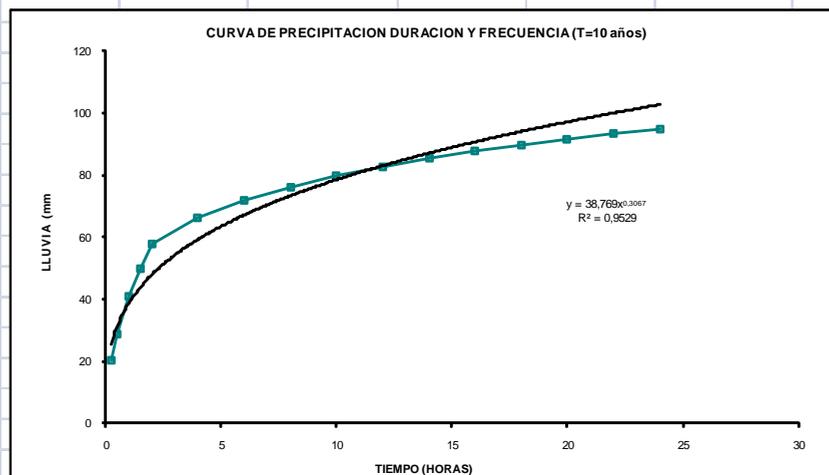
Con todos los pares obtenidos en las anteriores secciones, es decir tomando los pares ordenados en el intervalo de 2 a 24 horas y del intervalo 0 a 2 horas, se realiza una regresion parabolica que mas se ajusta a todos los datos obtenidos, para lluvias desde 0 horas a 24 horas, con una ecuacion de la siguiente forma:

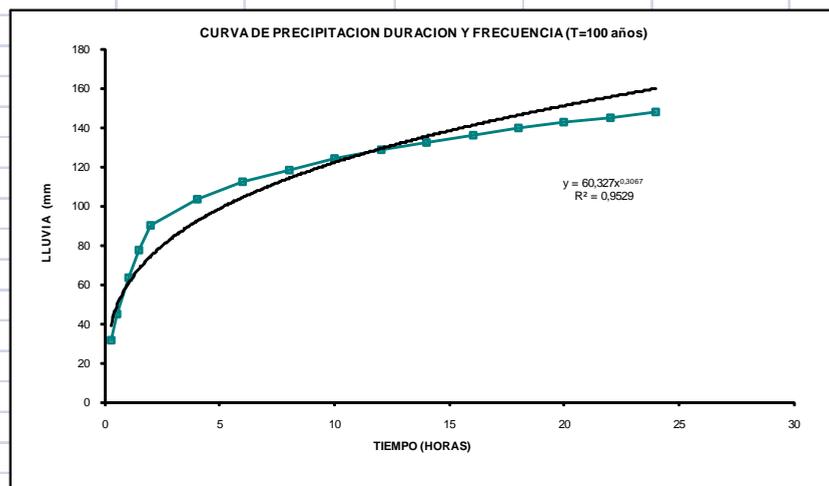
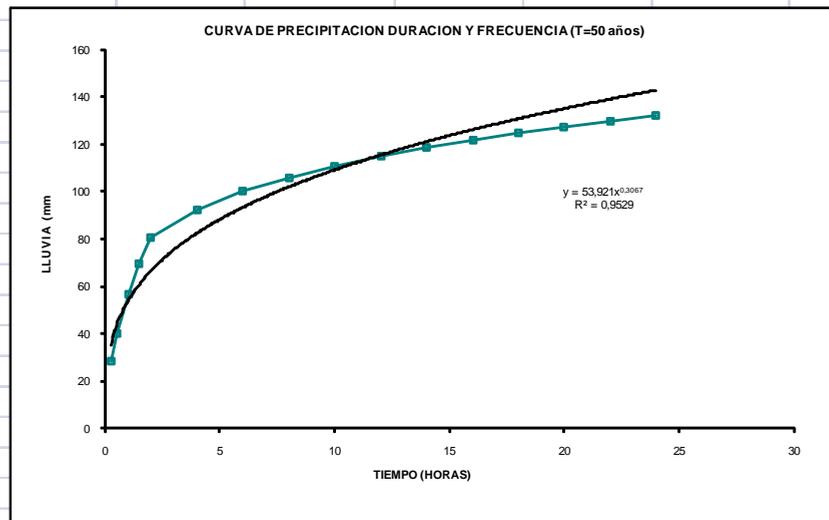
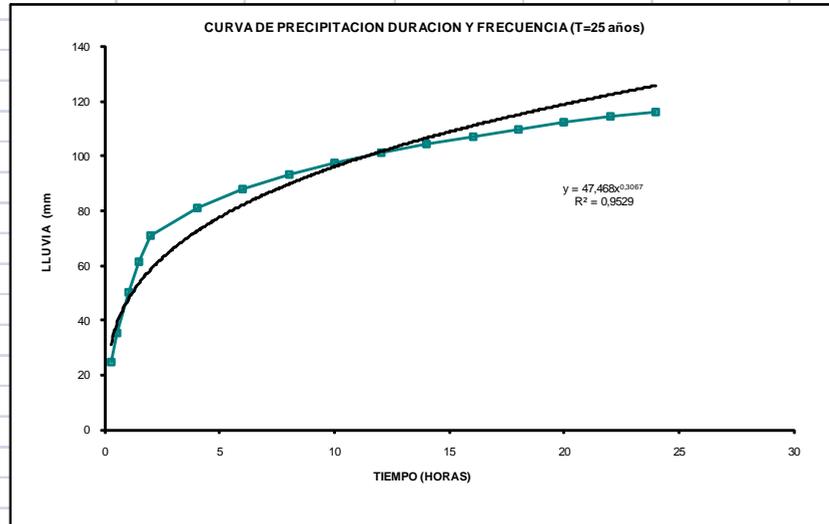
$$h_{iT} = A * t^B$$

Donde:

A y B son constantes de la regresion

Tiempo t (hr.)	Periodo de retorno T (años)			
	10	25	50	100
	Lluvia (mm)	Lluvia (mm)	Lluvia (mm)	Lluvia (mm)
0,25	20,440	25,026	28,428	31,806
0,5	28,906	35,392	40,204	44,980
1	40,879	50,052	56,857	63,611
1,5	50,067	61,301	69,635	77,907
2	57,812	70,784	80,408	89,960
4	66,409	81,310	92,364	103,337
6	72,019	88,178	100,166	112,066
8	76,284	93,400	106,098	118,703
10	79,765	97,663	110,941	124,120
12	82,728	101,290	115,061	128,730
14	85,318	104,462	118,663	132,760
16	87,627	107,289	121,875	136,354
18	89,716	109,846	124,780	139,604
20	91,626	112,185	127,437	142,577
22	93,390	114,344	129,890	145,321
24	95,029	116,352	132,170	147,872





A continuación se presenta una tabla en la que se observan las ecuaciones y su correspondiente grado de correlación de las curvas Precipitación (mm) Vs Tiempo (h), para los diferentes periodos de retorno:

Periodo de retorno "T" (años)	Ecuación Precipitación Vs Tiempo (para las lluvias Mayores a 2 hr. Y menores a 24 hr y lluvias menores a 2 hr.	Grado de correlación "R"
10	$P = 38.76 t^{0.306}$	0,952
25	$P = 47.46 t^{0.306}$	0,952
50	$P = 53.92 t^{0.306}$	0,952
100	$P = 60.32 t^{0.306}$	0,952

Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia.-

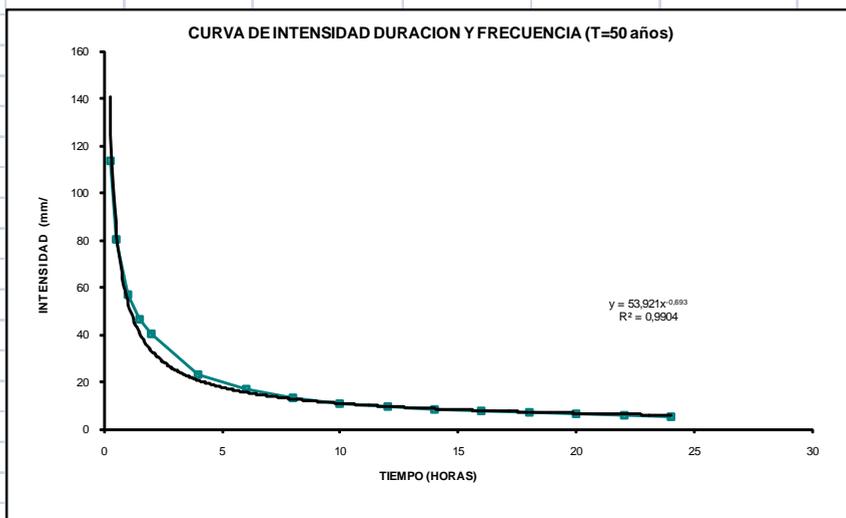
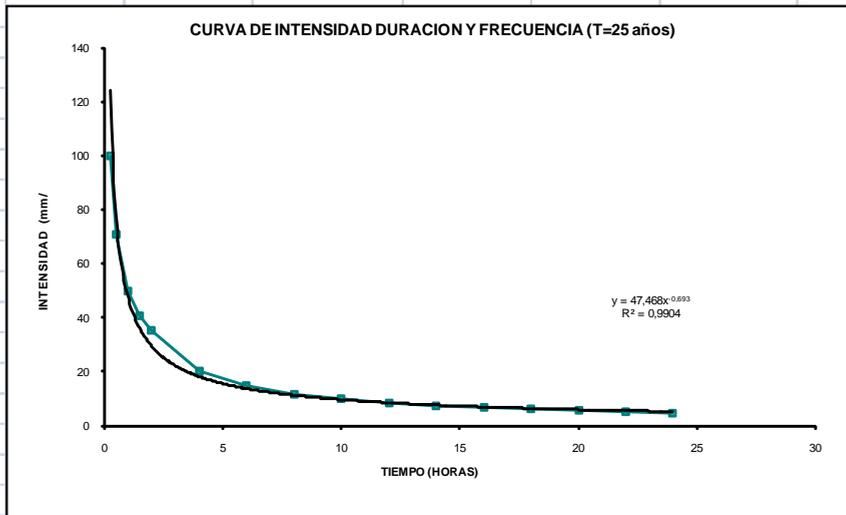
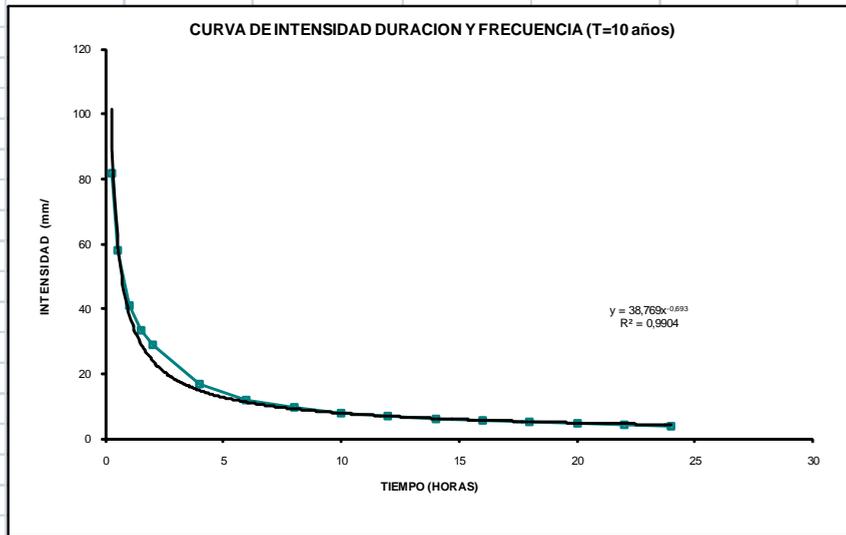
La intensidad media de la lluvia viene expresada de la siguiente manera:

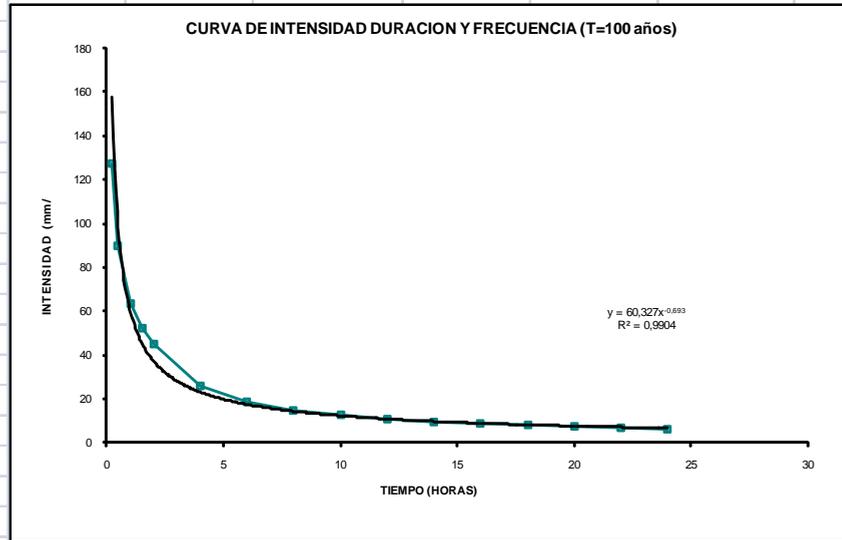
$$I(t, T) = \frac{h(t, T)}{t}$$

h(t,T)= LLUVIA MAXIMA PARA UNA DURACION t,
CORRESPONDIENTE A UN PERIODO DE RETORNO T
t= TIEMPO EN HORAS

Ecuación de Intensidad Duración y Frecuencia:

Tiempo t (hr.)	Periodo de retorno T (años)			
	10	25	50	100
	Intensidad (mm/h)	Intensidad (mm/h)	Intensidad (mm/h)	Intensidad (mm/h)
0,25	81,759	100,104	113,713	127,222
0,5	57,812	70,784	80,408	89,960
1	40,879	50,052	56,857	63,611
1,5	33,378	40,867	46,423	51,938
2	28,906	35,392	40,204	44,980
4	16,602	20,327	23,091	25,834
6	12,003	14,696	16,694	18,678
8	9,535	11,675	13,262	14,838
10	7,977	9,766	11,094	12,412
12	6,894	8,441	9,588	10,727
14	6,094	7,462	8,476	9,483
16	5,477	6,706	7,617	8,522
18	4,984	6,103	6,932	7,756
20	4,581	5,609	6,372	7,129
22	4,245	5,197	5,904	6,605
24	3,960	4,848	5,507	6,161





A continuación se presenta una tabla en la que se observan las ecuaciones y su correspondiente grado de correlación de las curvas Intensidad (mm/h) Vs Tiempo (h), para los diferentes periodos de retorno:

Periodo de retorno "T" (años)	Ecuacion Precipitacion Vs Tiempo (para las lluvias Mayores a 2 hr. Y menores a	Grado de correlacion "R"
10	$I = 38,76 t^{-0,69}$	0,990
25	$I = 47,46 t^{-0,69}$	0,990
50	$I = 53,92 t^{-0,69}$	0,990
100	$I = 60,32 t^{-0,69}$	0,990

Estimación de Caudales.-

Con la ecuacion:

$$Q = \frac{C * I(tc, T) * A}{3.6}$$

Donde:

C=	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA
I(tc,T)=	INTENSIDAD DE PRECIPITACION PLUVIAL PARA UNA DURACION IGUAL AL TIEMPO DE CONCENTRACION (mm/h)
A=	AREA DE LA CUENCA (Km2)
Q=	CAUDAL MAXIMO DE AVENIDA PARA UN PERIODO DE RETORNO T (m3/seg) CON EL CUAL SE DISEÑA LA SECCION HIDRAULICA DE LA OBRA DE ARTE MENOR

Se determina el caudal máximo de cada hoyo					
Tiempo de concentración.-					
Para la determinación del tiempo de concentración, se realizó un análisis en las 44 cuencas motivo del estudio para el diseño de las alcantarillas, adoptando como periodo de retorno de T=50 años, las mismas son:					
Nº Cuenca	Tc (hr.)	I (mm/h)	C (adi)	A (Km2)	Qmax (m3/s)
1	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,20	0,0150	0,155
2	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,20	0,0243	0,251
3	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,20	0,0221	0,228
4	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,20	0,0336	0,346
5	0,467	$I=5320240^{0.9} = 91,189$	0,20	0,1858	0,941
6	0,268	$I=5320240^{0.9} = 133,701$	0,45	0,0757	1,266
7	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,45	0,0094	0,217
8	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,45	0,0094	0,217
9	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,45	0,0448	1,039
10	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,45	0,0250	0,579
11	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,45	0,0550	1,275
12	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,45	0,0764	1,771
13	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,45	0,0114	0,264
14	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,45	0,0157	0,363
15	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,45	0,0728	1,687
16	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,45	0,0059	0,136
17	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,45	0,0072	0,168
18	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,45	0,0880	2,039
19	0,167	$I=5320240^{0.9} = 185,385$	0,45	0,0287	0,666

N° Cuenca	Tc (hr.)	I (mm/h)	C (adi)	A (Km2)	Qmax (m3/s)
20	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0065	0,150
21	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0018	0,043
22	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0087	0,202
23	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0141	0,326
24	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0969	2,245
25	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0226	0,524
26	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0259	0,601
27	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0158	0,366
28	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0276	0,640
29	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0175	0,405
30	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0253	0,586
31	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0072	0,168
32	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0225	0,522
33	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0160	0,370
34	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0244	0,565
35	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0224	0,520
36	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0329	0,763
37	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0280	0,650
38	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0092	0,214
39	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0042	0,098
40	0,167	$I=5320240^{69} = 185,385$	0,45	0,0066	0,153

Nº Cuenca	Tc (hr.)	I (mm/h)	C (adi)	A (Km2)	Qmax (m3/s)
41	0,167	$I=532 \cdot 0,240^{89} = 185,385$	0,45	0,0168	0,390
42	0,167	$I=532 \cdot 0,240^{89} = 185,385$	0,45	0,0069	0,159
43	0,167	$I=532 \cdot 0,240^{89} = 185,385$	0,45	0,0274	0,635
44	0,167	$I=532 \cdot 0,240^{89} = 185,385$	0,45	0,0098	0,227

5.5. ESTUDIO HIDRAULICO

DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CRUCE

Se calculo las dimensiones de las alcantarillas en primera instancia para una sola para luego realizar el mismo procedimiento y resumir su calculo en una matriz mas adelante.

1) CALCULO DE LAS DIMENSIONES DE LA ALCANTARILLA DE ACUERDO A LA ECUACION DE MANNING:

Eleccion tentativa:

Material: Hormigon armado

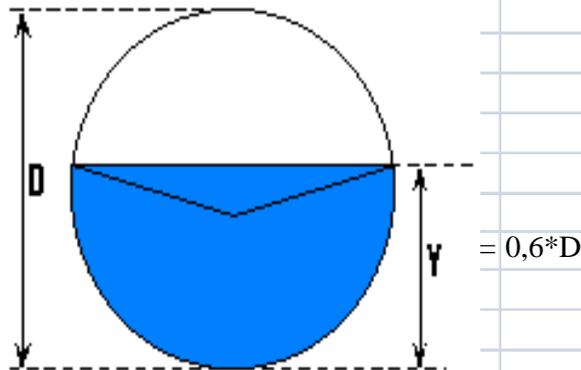
Tipo de seccion: Circular

n= 0,013 (rugosidad obtenida del Manual de la ABC- Vol. II-Manual de hidrologia y drenaje)

Sc= 4,73 % (pendiente de la tuberia)

Q= 0,155 m³/s (caudal obtenida de la hidrologia)

y= 0.6*D m (tirante de agua para que trabaje a su max. Eficiencia, porque el tubo no trabaja a tubo lleno)



ALCANTARILLA N° 1

Progresiva: 0+200

Para diseñar esta alcantarilla utilizara la ecuacion de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2} \right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

donde: A= Area mojada (m²)
D= Diametro del tubo (m)
P= Perimetro mojado (m)
R= Radio hidraulico (m)

$$\theta = 2 \arccos \left(\frac{D-2Y}{D} \right)$$

$$A = \frac{D^2}{8} * (\theta_{rad} - \sin \theta)$$

$$P = \frac{D * \theta_{rad}}{2}$$

Sustituyendo A, P y en la ecuación de Manning, para $Y=0.6*D$ se obtiene:

$$D = 0,3237 \text{ [m]}$$

DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CRUCE

2) CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LA ALCANTARILLA DE CUBRIMIENTO DE GRASAS Y SUCIOS PARA LA NORMA AEC

		Cálculo de datos										
		Q (m³/s)	S (mm)	D(m)	H/D	H(m)	Hmax(m)	Df	H-Hmax	Velocidad de salida (m/s)	V.L.Máx (m/s)	
Nº	ALCANTARILLA (Tipo, material, descripción)	Caudal de entrada	Pérdida de coeficiente	Iteración	Módulo de cálculo	Cálculo	Tªb.231	Verificar	Verificar	Velocidad normal de cartilla	Tªb.232	Verificación de velocidad
1	Tubo circular de Hº Apefábricab	015	008	050	078	039	080	CUMPLE	CUMPLE	256	300	CUMPLE
2	Tubo circular de Hº Apefábricab	025	007	060	075	045	090	CUMPLE	CUMPLE	296	300	CUMPLE
3	Tubo circular de Hº Apefábricab	023	008	060	075	045	090	CUMPLE	CUMPLE	295	300	CUMPLE
4	Tubo circular de Hº Apefábricab	035	0021	060	097	058	090	CUMPLE	CUMPLE	297	300	CUMPLE
5	Tubo circular de Hº Apefábricab	094	0011	080	098	078	110	CUMPLE	CUMPLE	294	300	CUMPLE
6	Tubo circular de Hº Apefábricab	127	0000	100	098	098	130	CUMPLE	CUMPLE	297	300	CUMPLE
7	Tubo circular de Hº Apefábricab	022	0024	060	074	044	090	CUMPLE	CUMPLE	273	300	CUMPLE
8	Tubo circular de Hº Apefábricab	022	0023	060	074	044	090	CUMPLE	CUMPLE	269	300	CUMPLE
9	Tubo circular de Hº Apefábricab	104	0000	100	086	086	130	CUMPLE	CUMPLE	294	300	CUMPLE

		Càrrega											
		Q (ms)	S (ms)	Dn	H(n)	H(n)	H(n)	DH	H(n)	Velocitat (ms)	V.Mk (ms)		
N	ACNARIA (Tipus, descripció)	Com cb	Perle re	Itati vo	Mir gan 1	Gal ar	Tba231	Verficar	Verficar	Velocidat mnd adetaila	Tba232	Verficar velocidat	
10	TboclardeH Apefàicab	08	002	08	08	07	10	CUMPLE	CUMPLE	22	30	CUMPLE	
11	TboclardeH Apefàicab	18	009	10	06	06	13	CUMPLE	CUMPLE	28	30	CUMPLE	
12	TboclardeH Apefàicab	17	007	12	02	10	12	CUMPLE	CUMPLE	25	30	CUMPLE	
13	TboclardeH Apefàicab	05	004	06	08	07	09	CUMPLE	CUMPLE	26	30	CUMPLE	
14	TboclardeH Apefàicab	05	001	07	08	05	10	CUMPLE	CUMPLE	25	30	CUMPLE	
15	TboclardeH Apefàicab	16	007	17	08	15	17	CUMPLE	CUMPLE	29	30	CUMPLE	
16	TboclardeH Apefàicab	04	001	05	03	07	08	CUMPLE	CUMPLE	23	30	CUMPLE	
17	TboclardeH Apefàicab	07	006	05	09	04	08	CUMPLE	CUMPLE	28	30	CUMPLE	
18	TboclardeH Apefàicab	24	006	12	07	18	12	CUMPLE	CUMPLE	27	30	CUMPLE	

		Candidatah											
		Q (ms)	S (ms)	Dn	RD	R(n)	Rras(n)	DH	RHRas	Voicid dslich (ms)	V.Nk (ms)		
N	ACNARIA (Tjontial, dsujin)	Cmri cb	Rnde re	kezi vo	Mro gara 1	Gul ar	Tba231	Vifkar	Vifkar	Voicid ronal akatailla	Tba232	Vifkain veicid	
19	TjociarceH Apefhiab	07	004	08	02	074	10	CUM E	CUM E	29	30	CUM E	
20	TjociarceH Apefhiab	05	004	05	074	037	08	CUM E	CUM E	29	30	CUM E	
21	TjociarceH Apefhiab	04	006	05	05	05	08	CUM E	CUM E	20	30	CUM E	
22	TjociarceH Apefhiab	00	003	06	08	041	09	CUM E	CUM E	28	30	CUM E	
23	TjociarceH Apefhiab	03	007	07	03	051	10	CUM E	CUM E	27	30	CUM E	
24	TjociarceH Apefhiab	24	005	137	08	121	167	CUM E	CUM E	22	30	CUM E	
25	TjociarceH Apefhiab	02	007	08	08	064	10	CUM E	CUM E	29	30	CUM E	
26	TjociarceH Apefhiab	06	004	08	08	070	10	CUM E	CUM E	22	30	CUM E	
27	TjociarceH Apefhiab	037	0021	070	09	05	10	CUM E	CUM E	29	30	CUM E	

		Candidatura											
		Q (m/s)	S (m/s)	Dir	RD	R(m)	Rmax(m)	DH	RHmax	Velocidad desliza (m/s)	V.Mk (m/s)		
N	ACNARIA (Tipología, descripción)	Cordi ob	Rende re	Itati vo	Mir gara 1	Clu ar	Tba231	Vericar	Vericar	Velocid mond akatailla	Tba232	Verificaci on velocid	
28	Tubo de H Apéndice	034	000	08	05	076	10	CUMPL E	CUMPL E	25	30	CUMPL E	
29	Tubo de H Apéndice	040	009	070	03	058	100	CUMPL E	CUMPL E	287	30	CUMPL E	
30	Tubo de H Apéndice	039	004	08	07	070	10	CUMPL E	CUMPL E	29	30	CUMPL E	
31	Tubo de H Apéndice	017	0024	050	08	040	08	CUMPL E	CUMPL E	256	30	CUMPL E	
32	Tubo de H Apéndice	052	007	08	09	03	10	CUMPL E	CUMPL E	23	30	CUMPL E	
33	Tubo de H Apéndice	037	0021	070	09	05	100	CUMPL E	CUMPL E	297	30	CUMPL E	
34	Tubo de H Apéndice	056	007	08	05	08	10	CUMPL E	CUMPL E	299	30	CUMPL E	
35	Tubo de H Apéndice	052	007	08	08	04	10	CUMPL E	CUMPL E	23	30	CUMPL E	
36	Tubo de H Apéndice	076	002	090	081	073	120	CUMPL E	CUMPL E	281	30	CUMPL E	

		Güncel Durum											
		Q (ms)	S (ms)	Dn	Ed	Ed(n)	Edmax(n)	Diğer	Edmax	Veri girişi (ms)	V.M. (ms)		
N	ACNARLA (İşletme, Durum)	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	Oran	
37	Ticari ve Hizmet	05	04	08	09	03	10	CUMLE	CUMLE	26	30	CUMLE	
38	Ticari ve Hizmet	01	02	05	05	08	08	CUMLE	CUMLE	29	30	CUMLE	
39	Ticari ve Hizmet	00	08	05	01	01	08	CUMLE	CUMLE	25	30	CUMLE	
40	Ticari ve Hizmet	05	08	05	05	08	08	CUMLE	CUMLE	23	30	CUMLE	
41	Ticari ve Hizmet	09	09	07	09	05	10	CUMLE	CUMLE	25	30	CUMLE	
42	Ticari ve Hizmet	06	09	05	05	08	08	CUMLE	CUMLE	28	30	CUMLE	
43	Ticari ve Hizmet	03	04	07	02	04	10	CUMLE	CUMLE	24	30	CUMLE	
44	Ticari ve Hizmet	03	02	06	07	03	00	CUMLE	CUMLE	22	30	CUMLE	

CALCULO DE LAS LONGITUDES DE LAS ALCANTARILLAS

N° Cuenca	Prog. (m)	Curso Principal	Cota rasante (m)	Cota clave de la tubería (m)	Altura promedio de terraplen (m)	Calculo de la longitud de la tubería (m)
1	0+200	Quebrada S/N	1900,980	1899,780	1,200	9,923
2	0+500	Quebrada S/N	1900,300	1899,900	0,400	7,308
3	0+700	Quebrada S/N	1889,760	1889,570	0,190	6,621
4	1+000	Quebrada S/N	1883,870	1883,490	0,380	7,242
5	1+345	Quebrada S/N	1887,120	1887,110	0,010	6,033
6	1+527	Quebrada S/N	1527,770	1527,650	0,120	6,392
7	1+750	Quebrada S/N	1890,690	1889,980	0,710	8,321
8	1+940	Quebrada S/N	1912,700	1912,550	0,150	6,490
9	2+230	Quebrada S/N	1943,600	1943,420	0,180	6,588
10	2+499	Quebrada S/N	1973,280	1973,120	0,160	6,523
11	2+710	Quebrada S/N	1972,180	1971,410	0,770	8,517
12	3+000	Quebrada S/N	1996,100	1995,960	0,140	6,458
13	3+190	Quebrada S/N	2015,300	2015,170	0,130	6,425
14	3+340	Quebrada S/N	2028,800	2028,640	0,160	6,523
15	3+560	Quebrada S/N	2019,800	2019,650	0,150	6,490
16	3+680	Quebrada S/N	2008,200	2008,090	0,110	6,360
17	3+855	Quebrada S/N	1995,240	1994,031	1,209	9,952
18	4+050	Quebrada S/N	2008,500	2008,370	0,130	6,425
19	4+260	Quebrada S/N	2010,070	2008,870	1,200	9,923
20	4+350	Quebrada S/N	2016,400	2016,280	0,120	6,392
21	4+460	Quebrada S/N	2023,400	2023,250	0,150	6,490
22	4+590	Quebrada S/N	2021,570	2020,950	0,620	8,027
23	4+680	Quebrada S/N	2029,250	2029,140	0,110	6,360
24	4+890	Quebrada S/N	2030,050	2029,900	0,150	6,490
25	5+095	Quebrada S/N	2023,160	2022,520	0,640	8,092
26	5+240	Quebrada S/N	2030,100	2029,960	0,140	6,458
27	5+400	Quebrada S/N	2046,200	2046,070	0,130	6,425
28	5+500	Quebrada S/N	2057,500	2057,350	0,150	6,490
29	5+760	Quebrada S/N	2081,050	2079,850	1,200	9,923
30	5+980	Quebrada S/N	2096,800	2096,690	0,110	6,360
31	6+100	Quebrada S/N	2105,250	2105,090	0,160	6,523
32	6+250	Quebrada S/N	2122,200	2122,030	0,170	6,556
33	6+430	Quebrada S/N	2133,210	2132,700	0,510	7,667
34	6+590	Quebrada S/N	2149,270	2148,970	0,300	6,981
35	6+720	Quebrada S/N	2160,900	2160,720	0,180	6,588
36	6+850	Quebrada S/N	2171,600	2171,470	0,130	6,425

CÁLCULO DE LAS LONGITUDES DE LAS ALCANTARILLAS

Nº Cuenca	Prog. (m)	Curso Principal	Cota rasante (m)	Cota clave de la tubería (m)	Altura promedio de terraplen (m)	Calculo de la longitud de la tubería (m)
37	7+040	Quebrada S/N	2186,800	2186,650	0,150	6,490
38	7+623	Quebrada S/N	2115,250	2115,070	0,180	6,588
39	7+723	Quebrada S/N	2125,600	2125,450	0,150	6,490
40	7+870	Quebrada S/N	2141,600	2141,490	0,110	6,360
41	8+077	Quebrada S/N	2155,000	2154,860	0,140	6,458
42	8+307	Quebrada S/N	2155,630	2154,900	0,730	8,386
43	8+400	Quebrada S/N	2165,000	2164,810	0,190	6,621
44	8+563	Quebrada S/N	2163,300	2163,150	0,150	6,490

DETALLE DE LOS DIAMETROS A EMPLEARSE Y VERIFICACION DE LAS VELOCIDADES

N° Cuencia	Prog. (m)	Curso Principal	Caudal (m ³ /s)	Long. Alcantarilla (m)	Cota inferior en la entrada (m. s.n.m.)	Cota inferior en la salida (m. s.n.m.)	Desnive (m)	Pendiente De la tubería (%)	Coef. Manning "n" (Adl)	D calculo (con ecuacion de Manning) (m)	D calculo (usando monograma ABC) (m)	D empleado (Dmin=1m nor ABC)		Velocidad m (3m/s) (m/s)	Materia de tubería
												(m)	(plg)		
1	0+200	Quebrada S/N	0.155	6.500	1901.00	1900.75	0.25	3.75	0.013	0.323	0.50	1.07	42	2.718	H°A°
2	0+500	Quebrada S/N	0.251	6.500	1901.50	1901.32	0.18	2.72	0.013	0.412	0.60	1.07	42	2.785	H°A°
3	0+700	Quebrada S/N	0.228	6.500	1890.00	1889.82	0.18	2.84	0.013	0.394	0.60	1.07	42	2.741	H°A°
4	1+000	Quebrada S/N	0.346	6.500	1885.00	1884.85	0.15	2.11	0.013	0.487	0.60	1.07	42	2.803	H°A°
5	1+345	Quebrada S/N	0.941	6.500	1888.00	1887.95	0.07	1.07	0.013	0.807	0.80	1.07	42	2.960	H°A°
6	1+527	Quebrada S/N	1.266	6.500	1887.00	1886.94	0.06	0.95	0.013	0.922	1.00	1.22	48	2.960	H°A°
7	1+750	Quebrada S/N	0.217	6.500	1902.00	1901.85	0.15	2.37	0.013	0.401	0.60	1.07	42	2.524	H°A°
8	1+940	Quebrada S/N	0.217	6.500	1916.00	1915.85	0.15	2.37	0.013	0.401	0.60	1.07	42	2.524	H°A°
9	2+230	Quebrada S/N	1.039	6.500	1963.00	1962.94	0.01	0.15	0.013	0.856	1.00	1.22	48	2.804	H°A°
10	2+499	Quebrada S/N	0.579	6.500	1975.00	1974.92	0.01	0.18	0.013	0.660	0.80	1.07	42	2.586	H°A°
11	2+710	Quebrada S/N	1.275	6.500	1974.00	1973.94	0.01	0.15	0.013	0.924	1.00	1.22	48	2.965	H°A°
12	3+000	Quebrada S/N	1.771	6.500	1998.00	1997.95	0.01	0.11	0.013	1.104	1.22	1.22	48	2.944	H°A°
13	3+190	Quebrada S/N	0.264	6.500	2014.00	2013.85	0.02	0.34	0.013	0.431	0.60	1.07	42	2.672	H°A°
14	3+340	Quebrada S/N	0.363	6.500	2035.00	2034.85	0.02	0.33	0.013	0.496	0.70	1.07	42	2.843	H°A°
15	3+560	Quebrada S/N	1.687	6.500	2026.00	2025.95	0.01	0.11	0.013	1.084	1.07	1.07	42	2.892	H°A°
16	3+680	Quebrada S/N	0.136	6.500	2010.00	2009.85	0.02	0.32	0.013	0.343	0.50	1.07	42	2.124	H°A°
17	3+855	Quebrada S/N	0.168	6.500	1995.00	1994.77	0.04	0.55	0.013	0.378	0.50	1.07	42	2.706	H°A°
18	4+050	Quebrada S/N	2.039	6.500	2020.00	2019.95	0.01	0.09	0.013	1.206	1.22	1.22	48	2.672	H°A°
19	4+260	Quebrada S/N	0.666	6.500	2011.00	2010.91	0.01	0.22	0.013	0.672	0.80	1.07	42	2.933	H°A°
20	4+350	Quebrada S/N	0.150	6.500	2016.00	2015.85	0.02	0.34	0.013	0.359	0.50	1.07	42	2.258	H°A°
21	4+460	Quebrada S/N	0.043	6.500	2025.00	2024.77	0.04	0.55	0.013	0.212	0.50	1.07	42	1.793	H°A°
22	4+590	Quebrada S/N	0.202	6.500	2028.00	2027.78	0.03	0.51	0.013	0.366	0.60	1.07	42	2.801	H°A°
23	4+680	Quebrada S/N	0.326	6.500	2038.00	2037.89	0.02	0.25	0.013	0.499	0.70	1.07	42	2.502	H°A°
24	4+890	Quebrada S/N	2.245	6.500	2022.00	2021.97	0.00	0.07	0.013	1.304	1.37	1.37	54	2.526	H°A°
25	5+095	Quebrada S/N	0.524	6.500	2022.00	2021.85	0.02	0.25	0.013	0.596	0.80	1.07	42	2.873	H°A°
26	5+240	Quebrada S/N	0.601	6.500	2031.00	2030.91	0.01	0.22	0.013	0.646	0.80	1.07	42	2.849	H°A°
27	5+400	Quebrada S/N	0.366	6.500	2047.00	2046.85	0.02	0.33	0.013	0.497	0.70	1.07	42	2.850	H°A°
28	5+500	Quebrada S/N	0.640	6.500	2074.00	2073.94	0.01	0.15	0.013	0.714	0.80	1.07	42	2.475	H°A°
29	5+760	Quebrada S/N	0.405	6.500	2085.00	2084.85	0.02	0.25	0.013	0.528	0.70	1.07	42	2.828	H°A°
30	5+980	Quebrada S/N	0.586	6.500	2106.00	2105.91	0.01	0.22	0.013	0.640	0.80	1.07	42	2.828	H°A°
31	6+100	Quebrada S/N	0.168	6.500	2102.00	2101.85	0.02	0.34	0.013	0.364	0.50	1.07	42	2.336	H°A°
32	6+250	Quebrada S/N	0.522	6.500	2132.00	2131.85	0.02	0.25	0.013	0.595	0.80	1.07	42	2.869	H°A°

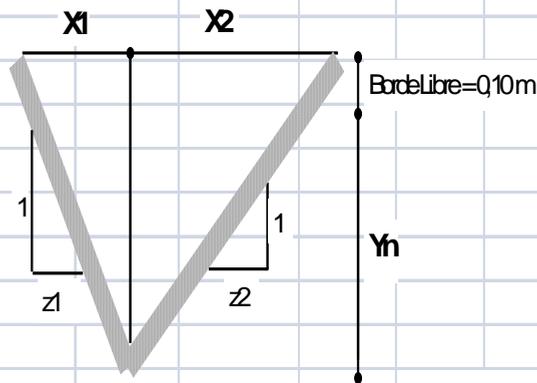
DETALLE DE LOS DIAMETROS A EMPLEARSE Y VERIFIC														
N° Cue	Prog. Cursos	Caudal (m ³ /s)	Long. A (m)	Cota In Infuer. Laent (m.s.n.m.)	Cota In en las tuber (m.s.n.m.)	Desnivele (%)	Pendi- ble (%)	Coef. Main (Adi.)	D caid (con ecuaaci mani ABC)		D empic (D min = I ABC)	Velocid (3 m / s de tube		
									(1) (m)	(2) (m)			(m)	(p/g)
33	6+4	Quebrada N70	6,500	2136,00	2136,00	0,02135	0,3	0,013	0,44	98	0,1	0,7	42	2,849H°A
34	6+5	Quebrada N65	6,500	2150,00	2150,00	0,02145	0,25	0,013	0,63	39	0,8	0,7	42	2,945H°A
35	6+7	Quebrada N20	6,500	2161,00	2161,00	0,02160	0,25	0,013	0,54	51	0,8	0,7	42	2,866H°A
36	6+8	Quebrada N63	6,500	2172,00	2172,00	0,02171	0,18	0,013	0,74	27	0,9	0,7	42	2,745H°A
37	7+0	Quebrada N50	6,500	2188,00	2188,00	0,02187	0,22	0,013	0,64	62	0,8	0,7	42	2,943H°A
38	7+6	Quebrada N14	6,500	2115,00	2115,00	0,02114	0,36	0,013	0,34	90	0,5	0,7	42	2,510H°A
39	7+7	Quebrada N98	6,500	2132,00	2132,00	0,02131	0,44	0,013	0,24	25	0,5	0,7	42	2,186H°A
40	7+8	Quebrada N53	6,500	2152,00	2152,00	0,02156	0,44	0,013	0,34	01	0,5	0,7	42	2,443H°A
41	8+0	Quebrada N90	6,500	2156,00	2156,00	0,02154	0,29	0,013	0,54	14	0,7	0,7	42	2,749H°A
42	8+3	Quebrada N59	6,500	2159,00	2159,00	0,02158	0,26	0,013	0,33	69	0,5	0,7	42	2,248H°A
43	8+4	Quebrada N35	6,500	2171,00	2171,00	0,02170	0,22	0,013	0,64	04	0,7	0,7	42	2,844H°A
44	8+5	Quebrada N27	6,500	2169,00	2169,00	0,02168	0,36	0,013	0,44	79	0,7	0,7	42	2,545H°A

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

Las cunetas son elementos destinados al desage longitudinal del agua procedente de la plataforma y de sus márgenes, allí donde la carretera ó de su nivel o en un desnorte. Es posible definir trans homógenos donde se pueda disponer de una misma sección de cuneta para de igual manera homogeneizar su construcción. Aunque en la mayor parte de los casos mes preciso dimensionar hidráulicamente las cunetas, conviene comprobar su funcionamiento con el objeto de asegurar una capacidad suficiente. La comprobación de las cunetas se lleva a cabo utilizando las fórmulas que se aplican a los flujos de canales abiertos, como la de Manning.

Dtos:

$B_L =$	0,1 m	(de acuerdo a la norma ABC se adapta un valor entre 5-30% del tirante)
$n =$	0,02	(Coeficiente de Manning [adimensional], Para terrenos sencillos es 0,030 y 0,020 para terrenos blandos aciliosos, en nuestro proyecto se toman aciliosos o terrenos sencillos 0,02 obtenido del libro Hidráulica de Canales de Misiro Villón Béjar, Pág 71.)
$z_1 =$	1	(taluds)
$z_2 =$	2	(taluds)



$$L=200,00 \quad [\text{m}]$$

$$b=27,00 \quad [\text{m}]$$

$$a=3,00 \quad [\text{m}]$$

$$i_{\text{max}}=185,39 \quad [\text{mm/h}]$$

$$A_1=5400 \quad [\text{m}^2] \quad (\text{area de aporte del derecho de via})$$

$$A_2=600 \quad [\text{m}^2] \quad (\text{area de aporte de la calzada})$$

$$A_T=6000 \quad [\text{m}^2] \quad = \quad 0,006 \quad [\text{Km}^2]$$

$$C_1=0,45 \quad (\text{Coef de escorrentia del area de aporte del derecho de via})$$

$$C_2=0,20 \quad (\text{Coef de escorrentia del area mitad de la calzada})$$

$$S_1=11,111 \quad \% \quad \text{Pendiente mas critica para la obtencion de la seccion mas critica}$$

Calculo del coeficiente ponderado:

$$C_p = \frac{C_1 * A_1 + C_2 * A_2}{A_T} = 0,425$$

Aplicando el metodo racional para hallar el caudal de diseño de las cunetas y las alcantarillas de alivio:

$$Q_d = \frac{C * i * A_{ap}}{3.6}$$

Donde:

$$C_p=0,425$$

$$A_{ap}=0,006 \quad [\text{Km}^2]$$

$$i=185,4 \quad [\text{mm/h}]$$

$$Q_d = 0,1313 \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Prado en la cantidad de tetra no se utiliza la ecuación de Ming

$$Q = \frac{1}{n} \left(\frac{A^5}{P^3} \right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Dato:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = 0,1313 \text{ [m}^3\text{/s]} \\ n = 0,02 \\ S = 0,111 \text{ [m]} \\ z_1 = 1 \\ z_2 = 2 \end{array} \right.$$

$$A = \frac{y_n^2}{2} * (z_1 + z_2)$$

$$P = y_n * \left(\sqrt{1+z_1^2} + \sqrt{1+z_2^2} \right)$$

$$T = y_n * (z_1 + z_2)$$

Iterando la ecuación se encuentra el valor de Y

Y = 0,174 [m/s] Rotato

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 0,046 \text{ [m}^2\text{]} \\ P = 0,637 \text{ [m]} \\ R = 0,072 \text{ [m]} \\ T = 0,523 \text{ [m]} \end{array} \right.$$

Cálculo de Profundidades y Anchos de la Creta

Tramo	Pendiente (%)	Longitud del tramo (m)	Cp	Área de aporte (Km2)	Caudal (m3/seg)	Coficiente de Rugosidad 'n'	Yn (m)	Profundidad (m)+ 0,1m (Borde Libre)	Área (m2)	T(m)	Perímetro (m)	Velocidad (m/s)
1	3,060	135,000	0,425	0,004	0,089	0,020	0,196	0,30	0,058	0,588	0,72	1,538
2	8,808	86,000	0,425	0,008	0,056	0,020	0,132	0,23	0,026	0,397	0,48	2,151
3	7,389	130,000	0,425	0,004	0,085	0,020	0,160	0,26	0,038	0,480	0,58	2,226
4	0,212	98,000	0,425	0,008	0,064	0,020	0,280	0,38	0,118	0,840	1,02	0,548
5	7,882	125,000	0,425	0,004	0,082	0,020	0,156	0,26	0,036	0,468	0,57	2,251
6	1,597	97,000	0,425	0,008	0,064	0,020	0,192	0,29	0,055	0,575	0,70	1,157
7	10,923	159,000	0,425	0,005	0,104	0,020	0,160	0,26	0,039	0,481	0,59	2,706
8	8,384	156,000	0,425	0,005	0,102	0,020	0,167	0,27	0,042	0,502	0,61	2,443
9	11,624	107,000	0,425	0,008	0,070	0,020	0,137	0,24	0,028	0,410	0,50	2,510
10	4,018	116,000	0,425	0,008	0,076	0,020	0,172	0,27	0,044	0,516	0,63	1,718
11	1,873	206,000	0,425	0,006	0,135	0,020	0,246	0,35	0,091	0,738	0,90	1,489
12	0,173	123,000	0,425	0,004	0,081	0,020	0,318	0,42	0,151	0,953	1,16	0,534
13	0,005	90,000	0,425	0,008	0,059	0,020	0,548	0,65	0,451	1,644	2,00	0,131
14	1,600	226,000	0,425	0,007	0,148	0,020	0,262	0,36	0,103	0,787	0,96	1,437
15	11,016	350,000	0,425	0,011	0,230	0,020	0,216	0,32	0,070	0,647	0,79	3,296
16	3,262	86,000	0,425	0,008	0,056	0,020	0,159	0,26	0,038	0,478	0,58	1,482
17	3,852	128,000	0,425	0,004	0,084	0,020	0,180	0,28	0,049	0,540	0,66	1,731
18	7,781	150,000	0,425	0,005	0,098	0,020	0,167	0,27	0,042	0,501	0,61	2,351
19	9,672	210,000	0,425	0,006	0,138	0,020	0,182	0,28	0,050	0,547	0,67	2,763
20	8,712	210,000	0,425	0,006	0,138	0,020	0,186	0,29	0,052	0,558	0,68	2,657
21	7,447	187,000	0,425	0,006	0,123	0,020	0,183	0,28	0,050	0,550	0,67	2,434
22	7,492	103,000	0,425	0,008	0,068	0,020	0,457	0,56	0,313	1,370	1,67	0,216
23	8,478	182,000	0,425	0,005	0,119	0,020	0,177	0,28	0,047	0,530	0,65	2,549

Tramo	Pendiente (%)	Longitud del tramo (m)	Cp	Area de aporte (Km2)	Caudal (m3/seg)	Coefficiente de Rugosidad 'n'	Yn (m)	Profundidad (m)+ 0,1m (Borde Libre)	Area (m2)	T(m)	Perimetro (m)	Velocidad (m/s)
24	3,115	112,000	0,425	0,003	0,074	0,020	0,179	0,28	0,048	0,536	0,65	1,539
25	6,243	114,000	0,425	0,003	0,075	0,020	0,158	0,26	0,037	0,473	0,57	2,012
26	4,247	163,000	0,425	0,005	0,107	0,020	0,193	0,29	0,056	0,580	0,71	1,908
27	4,283	190,000	0,425	0,006	0,125	0,020	0,205	0,30	0,063	0,614	0,75	1,985
28	11,111	182,000	0,425	0,005	0,119	0,020	0,168	0,27	0,042	0,504	0,61	2,819
29	7,301	190,000	0,425	0,006	0,125	0,020	0,185	0,29	0,051	0,556	0,68	2,425
30	6,783	217,440	0,425	0,007	0,143	0,020	0,198	0,30	0,059	0,593	0,72	2,440
31	11,731	158,000	0,425	0,005	0,104	0,020	0,158	0,26	0,038	0,475	0,58	2,763
32	3,582	110,000	0,425	0,003	0,072	0,020	0,158	0,26	0,038	0,475	0,58	1,924
33	10,098	113,000	0,425	0,003	0,074	0,020	0,143	0,24	0,031	0,430	0,52	2,412
34	8,052	135,000	0,425	0,004	0,089	0,020	0,160	0,26	0,038	0,480	0,58	2,305
35	0,601	165,000	0,425	0,005	0,108	0,020	0,280	0,38	0,118	0,840	1,02	0,921
36	10,845	180,000	0,425	0,005	0,118	0,020	0,168	0,27	0,042	0,505	0,61	2,782
37	0,274	160,000	0,425	0,005	0,105	0,020	0,321	0,42	0,155	0,964	1,17	0,679
38	10,049	187,000	0,425	0,006	0,123	0,020	0,173	0,27	0,045	0,520	0,63	2,722
39	4,526	136,000	0,425	0,004	0,089	0,020	0,178	0,28	0,048	0,535	0,65	1,870
40	1,851	116,000	0,425	0,003	0,076	0,020	0,199	0,30	0,059	0,596	0,73	1,285
							0,548			1,64		
Verificando que las velocidades de diseño estén comprendidas entre los siguientes límites:												
		V _{min} =	0,85 m/s	(velocidad min Para que no se produzca sedimentación en canales revestidos, valor obtenido del manual de la ABC vol. 2 Pag 100)								
		V _{max} =	4,5 m/s									

(inicialmente se opto por construir una cuneta rustica sin revestimiento en un terreno arcilloso para lo cual le correspondia una velocidad maxima de 0,9m/s, pero despues de encontrar el tirante y consecuentemente la velocidad para todos los tranos, se verifico que existian tranos que pasaban de la velocidad maxima para la ejecucion de cunetas rusticas, por esta razon y para no crear socavacion se elijio revestir la cuneta con mamposteria de piedra para esos tranos que no cumplen con la velocidad max en cuneteado rustico, para de esta manera encontramos dentro de los limites recomendados para cada superficie, de acuerdo a lo expuesto en la norma ABC vol 2 Tabla 3.2-2, para revestimientos con mamposteria de piedra le corresponde una velocidad maxima 4,5m/s)

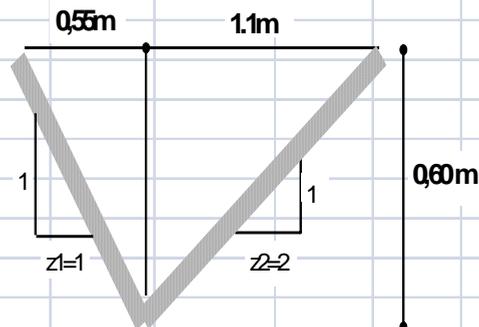
Para el presente analisis fueron considerados todos los tranos, viéndose la factibilidad de seleccionar una sola sección de cuneta para todos los tranos uniformizando así el tamaño de las cunetas.

Con tal fin seleccionamos de la tabla precedente la mayor profundidad que considera un borde libre de 5 cm y el mayor ancho de cuneta, sección que obviamente funcionará satisfactoriamente para todos los tranos que se consideran

La sección elegida es por tanto:

$$Y + BL = 0,60 \xrightarrow{A_{sum}} \boxed{Y + 0,05m = 0,6m}$$

$$X1 + X2 = 1,64 \xrightarrow{A_{sum}} \boxed{X1 + X2 = 1,65}$$



CALCULO ESTRUCTURAL DE LAS OBRAS DE ARTE

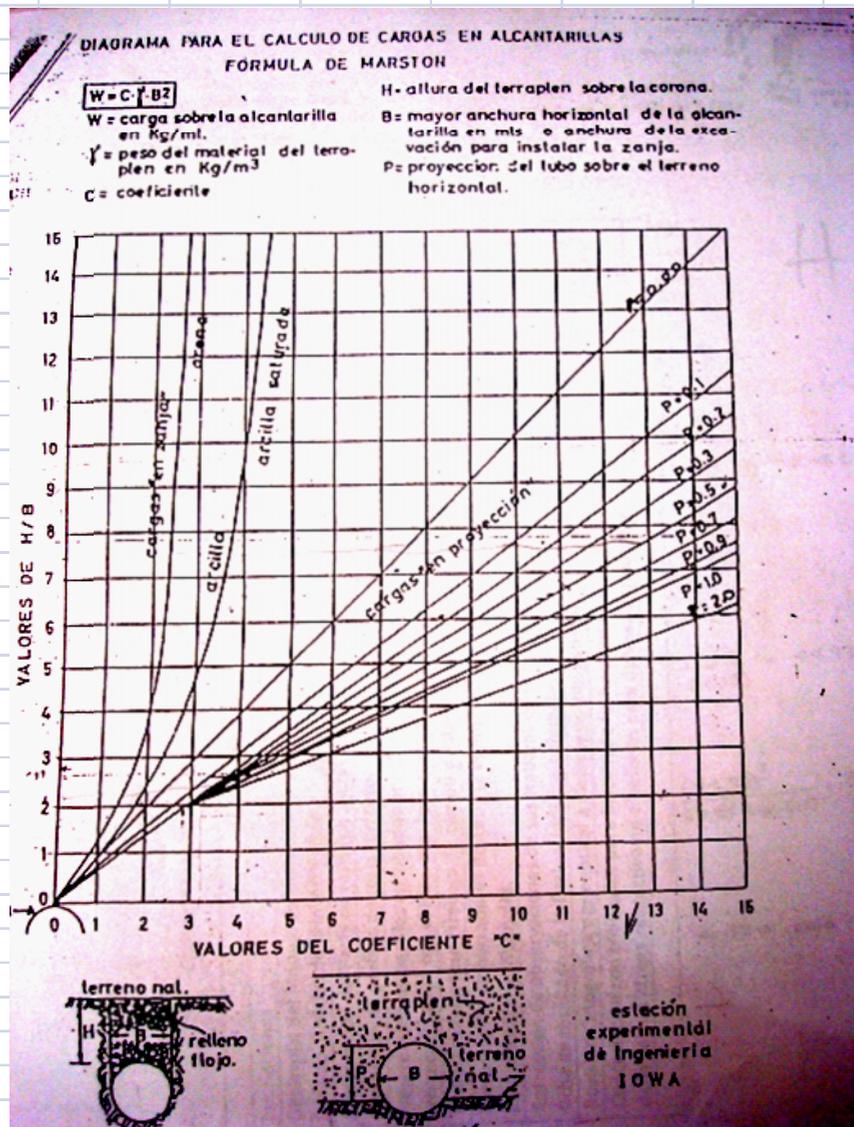
1) Calculo de la altura maxima de terraplen sobre cada alcantarilla.-

Se encontrara la altura de terraplen maxima en las alcantarillas para seguidamente verificar que las obtenidas en nuestro estudio no pasen de la misma: Para el calculo de cargas sobre alcantarillas se utilizara la Formula de MARSTON y adjunta a ella tambien un abaco (obtenidos de los apuntes del docente de Carreteras Ing. Yonny Orgas):

$$W = C \cdot \gamma \cdot B^2$$

Formula de Marston

Abaco:



Datos:			
Realizaremos el procedimiento de calculo para una alcantarilla y para las demas los tabularemos directamente sus resultados en una matriz:			
Progr. 0+200			
B=D=	1,07 m	(diametro de la alcantarilla)	
h=	1,2 m	(altura de terraplen sobre la alcantarilla a verificar si cumple con la altura admisible o maxima que se encontrara)	
Wadm=	20 t/m2	= 20.000,00 Kg/m	(se trabaja con la carga admisible para encontrar la altura admisible-el valor se obtuvo del texto Suelos, fundaciones y muros-Dra. Ing. Maria Graciela Fratelli ubicado en el apendice A-Propiedades mecanicas y caracteristicas de los suelos-Tabla A-1) (Para una arcilla semidura)
γ =	1750 Kg/m3	(valor obtenido del texto Suelos, fundaciones y muros Dra. Ing. Maria Graciela Fratelli ubicado en el apendice A-Propiedades mecanicas y caracteristicas de los suelos-Tabla A-1) (Para una arcilla semidura)	
despejando de la formula de Marston el coeficiente "C":			
$C = \frac{W}{\gamma * B^2}$			
C= 20000/(1750*1,07^2)			
C= 9,98 (adi)			
Con el valor de "C" y una proyeccion de 0,7 recomendado para un tubo de hormigon fundado, entramos al abaco y hallamos:			
H/B=		5,5 m	
de donde se obtiene la altura maxima de terraplen:			
Hmax=		5,5*B	
Hmax=		5,885 m	
Hreal=		1,2 m	
<i>Hreal < Hmax</i>		!!!ok	

N° Cuenca	Prog. (m)	Hreal (m)	B=D (m)	C	H/B (de abaco) (m)	Hmax (m)	Verificacio n
1	0+200	1,2	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
2	0+500	0,4	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
3	0+700	0,19	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
4	1+000	0,38	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
5	1+345	0,01	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
6	1+527	0,12	1,220	7,68	4,600	5,612	iiiok
7	1+750	0,71	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
8	1+940	0,15	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
9	2+230	0,18	1,220	7,68	4,600	5,612	iiiok
10	2+499	0,16	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
11	2+710	0,77	1,220	7,68	4,600	5,612	iiiok
12	3+000	0,14	1,220	7,68	4,600	5,612	iiiok
13	3+190	0,13	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
14	3+340	0,16	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
15	3+560	0,15	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
16	3+680	0,11	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
17	3+855	1,209	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
18	4+050	0,13	1,220	7,68	4,600	5,612	iiiok
19	4+260	1,2	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
20	4+350	0,12	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
21	4+460	0,15	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
22	4+590	0,62	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
23	4+680	0,11	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
24	4+890	0,15	1,370	6,09	3,600	4,932	iiiok
25	5+095	0,64	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
26	5+240	0,14	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
27	5+400	0,13	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
28	5+500	0,15	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
29	5+760	1,2	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
30	5+980	0,11	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
31	6+100	0,16	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
32	6+250	0,17	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
33	6+430	0,51	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
34	6+590	0,3	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
35	6+720	0,18	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
36	6+850	0,13	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
37	7+040	0,15	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
38	7+623	0,18	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
39	7+723	0,15	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
40	7+870	0,11	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
41	8+077	0,14	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
42	8+307	0,73	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
43	8+400	0,19	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok
44	8+563	0,15	1,070	9,98	5,500	5,885	iiiok

2) DIMENSIONAMIENTO DE LOS MUROS CABEZALES

En estos casos se diseñan muros de gravedad que son aquellos que resisten por su propio peso propio, de homogeneidad por la existencia y disponibilidad del lugar de materia prima y la mano de obra requerida, porque para su ejecución no se necesita materia prima importada y generalmente el tanto por ciento de mano de obra y gastos siempre se puede explotar con el menor costo, además como se trata de un obra en la zona rural es necesario contar el personal del lugar no necesitando para la ejecución personal especializado.

Al analizar diferentes tipos de entracas y salida de los muros cabezales de las alcantarillas a ejecutarse en el proyecto, en donde juegan un papel importante para la elección de los muros cabezales la pendiente de la tubería y de acuerdo a la Tesis de Grado "Diseño de obras y diseño para carreteras aera Alcantarillas" del Ing. Sibiro Velásquez Romero en la página 10 indica que la pendiente mínima para tuberías de homogeneidad de 0.5%. Otro factor importante es los rangos de pendientes que tienen tanto el uso de muros cabezales con aleros (su ángulo varía entre 30° a 75° con respecto al eje longitudinal del canal, recomendando ángulos de 45°) y muros cabezales de vuela (son construidos paralelos al eje de la carretera), en donde se recomienda que para pendientes longitudinales de tubería comprendidos entre 0% a 10% ejecutar cabezales con aleros.

Entre otras razones que justifican la ejecución de muros con aleros están que como todo el canal en su totalidad está compuesto por un solo subarrollo se necesita una alta plasticidad, en donde su comportamiento después de las compactaciones Regular a Base o curbs o coy. Mide en época de lluvias, aporta mejores condiciones para el control de la erosión en los esteros, serviría para proveer de un mejor andaje de las alcantarillas en las obras con fuertes pendientes, proteger de los taludes del terreno en las modificaciones del conducto fabricando un aterrizamiento, construcción de un pte para la protección de la obra a la salida y ofrecen un mejor aspecto estético.

DETALLE DE LOS MUROS TIPO A ADOPTAR

N° Cuenca	Hog (m)	Heal (m)	D (m)	PENDIENTE DE LA TUBERIA (%)	PENDIENTE DE TUBERIA ADOPTADA (mín=0,5%) (%)	TIPO DE ENIRADA	TIPO DE SALIDA	MURO TIPO N°
1	0+200	1,2	1,070	3,79	3,787	Mirosconaks	Mirosconaks	1
2	0+500	0,4	1,070	2,72	2,722	Mirosconaks	Mirosconaks	1
3	0+700	0,19	1,070	2,84	2,840	Mirosconaks	Mirosconaks	1
4	1+000	0,38	1,070	2,13	2,130	Mirosconaks	Mirosconaks	1
5	1+345	0,01	1,070	1,07	1,065	Mirosconaks	Mirosconaks	1
6	1+527	0,12	1,220	0,95	0,947	Mirosconaks	Mirosconaks	2
7	1+750	0,71	1,070	2,37	2,367	Mirosconaks	Mirosconaks	1
8	1+940	0,15	1,070	2,37	2,367	Mirosconaks	Mirosconaks	1
9	2+230	0,18	1,220	0,15	0,500	Mirosconaks	Mirosconaks	2
10	2+499	0,16	1,070	0,18	0,500	Mirosconaks	Mirosconaks	1
11	2+710	0,77	1,220	0,15	0,500	Mirosconaks	Mirosconaks	2
12	3+000	0,14	1,220	0,11	0,500	Mirosconaks	Mirosconaks	2
13	3+190	0,13	1,070	0,36	0,500	Mirosconaks	Mirosconaks	1
14	3+340	0,16	1,070	0,33	0,500	Mirosconaks	Mirosconaks	1
15	3+560	0,15	1,070	0,11	0,500	Mirosconaks	Mirosconaks	1
16	3+680	0,11	1,070	0,33	0,500	Mirosconaks	Mirosconaks	1
17	3+855	1,209	1,070	0,55	0,546	Mirosconaks	Mirosconaks	1
18	4+050	0,13	1,220	0,09	0,500	Mirosconaks	Mirosconaks	2
19	4+260	1,2	1,070	0,22	0,500	Mirosconaks	Mirosconaks	1
20	4+350	0,12	1,070	0,36	0,500	Mirosconaks	Mirosconaks	1
21	4+460	0,15	1,070	0,55	0,546	Mirosconaks	Mirosconaks	1
22	4+590	0,62	1,070	0,51	0,510	Mirosconaks	Mirosconaks	1

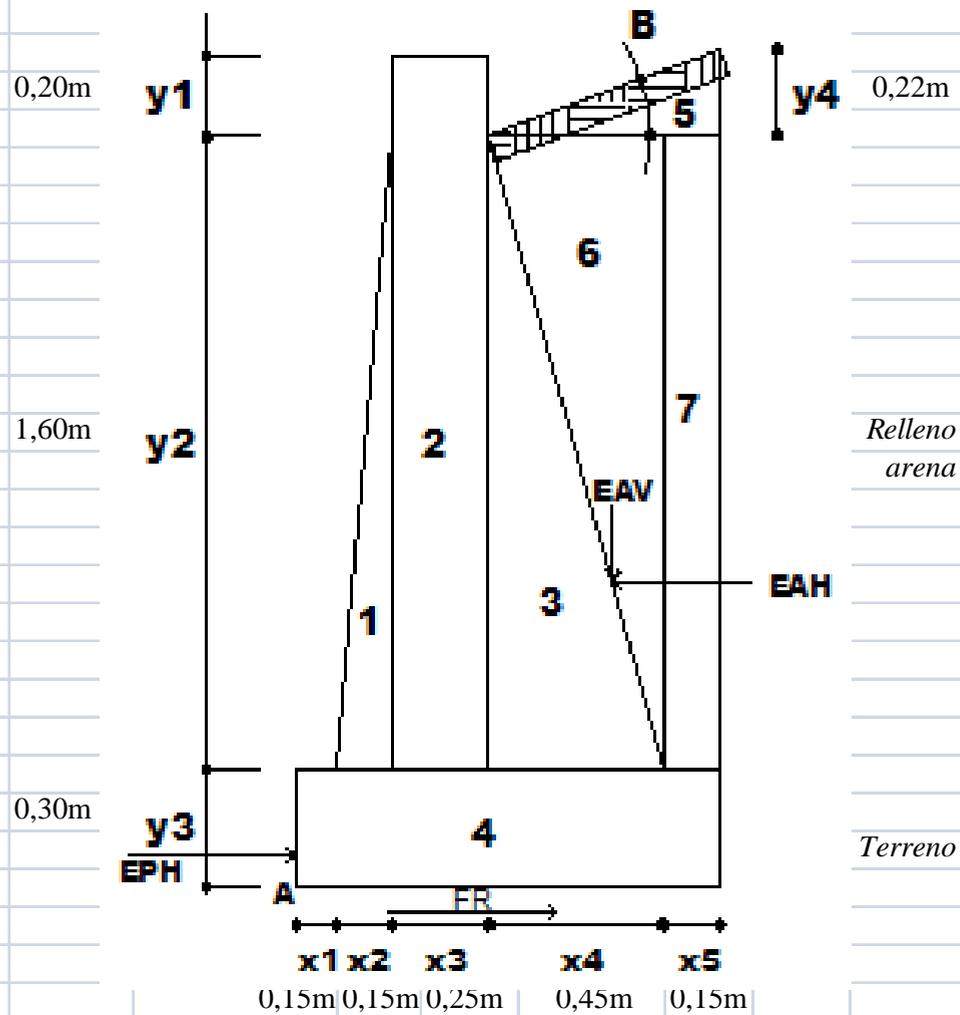
DETALLE DE LOS MUCOS TIPO A ADOPTAR

Nº Carrera	Hog (m)	Heal (m)	D (m)	PENDIENTE DE LA TUBERIA (%)	PENDIENTE TUBERIA ADOPTADA (mín=0,5%) (%)	TIPO DE ENTRADA	TIPO DE SALIDA	MUCO TIPO
23	4+680	0,11	1,070	0,25	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
24	4+890	0,15	1,370	0,07	0,500	Miros conaks	Miros conaks	3
25	5+095	0,64	1,070	0,25	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
26	5+240	0,14	1,070	0,22	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
27	5+400	0,13	1,070	0,33	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
28	5+500	0,15	1,070	0,15	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
29	5+760	1,2	1,070	0,29	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
30	5+980	0,11	1,070	0,22	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
31	6+100	0,16	1,070	0,36	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
32	6+250	0,17	1,070	0,25	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
33	6+430	0,51	1,070	0,33	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
34	6+590	0,3	1,070	0,25	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
35	6+720	0,18	1,070	0,25	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
36	6+850	0,13	1,070	0,18	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
37	7+040	0,15	1,070	0,22	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
38	7+623	0,18	1,070	0,36	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
39	7+723	0,15	1,070	0,44	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
40	7+870	0,11	1,070	0,44	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
41	8+077	0,14	1,070	0,29	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
42	8+307	0,73	1,070	0,36	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
43	8+400	0,19	1,070	0,22	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1
44	8+563	0,15	1,070	0,36	0,500	Miros conaks	Miros conaks	1

DIMENSIONAMIENTO DEL MURO DE CABEZAL (TIPO N° 1)

DATOS:

Capacidad portante suelo	$\sigma_{adm} = 10,00\text{t/m}^2$
Altura real del muro	$H_2 = 2,10\text{ m}$
Altura del muro tomando talud natural	$H_3 = 2,12\text{ m}$
Base Muro	$b = 1,15\text{ m}$
Peso Específico H° C°	$\gamma_{H^{\circ}C^{\circ}} = 2,60\text{t/m}$
Peso Epecífico relleno	$\gamma_s = 1,75\text{t/m}$
Peso especifico terreno	$\gamma_s = 1,80\text{t/m}$
Angulo Rozamiento relleno	$\phi = 30,00^{\circ}$
Angulo talud natural	$B = 20,00^{\circ}$
Angulo Rozamiento terreno	$\phi = 35,00^{\circ}$



UTILIZANDO EL MÉTODO DE RANKINE.

a) Cálculo del Empuje Activo E_a .

$$K_A = \frac{\cos B - (\cos^2 B - \cos^2 \phi)^{0.5}}{\cos B + (\cos^2 B - \cos^2 \phi)^{0.5}}$$

$$K_A = 0,441$$

$$E_{AH} = \frac{1}{2} (\gamma * H^2 * K_A * \cos B)$$

$$E_{AH} = 1,626 \text{ t/m}$$

$$E_{AV} = \frac{1}{2} (\gamma * H^2 * K_A * \sin B)$$

$$E_{AV} = 0,592 \text{ t/m}$$

b) Cálculo del Empuje Pasivo.

$$K_p = \frac{\cos B + (\cos^2 B - \cos^2 \phi)^{0.5}}{\cos B - (\cos^2 B - \cos^2 \phi)^{0.5}} = 2,269$$

$$E_{HP} = \frac{1}{2} (\gamma * H^2 * K_p * \cos B) = 0,691 \text{ t/m}$$

Nº	Base	Altura	Area	/	Peso	Brazo	MA
	m	m	m ²	t/m ³	t	m	t-m
1	0,15	1,60	0,12	2,60	0,31	0,25	0,08
2	0,25	1,80	0,45	2,60	1,17	0,43	0,50
3	0,45	1,60	0,36	2,60	0,94	0,70	0,66
4	1,15	0,30	0,35	2,60	0,90	0,58	0,52
5	0,60	0,22	0,07	1,75	0,11	0,95	0,11
6	0,45	1,60	0,36	1,75	0,63	0,85	0,54
7	0,15	1,60	0,24	1,75	0,42	1,08	0,45
Total=			1,94		4,48		2,84

1.-) Verificación al Vuelco

$$FS_{\text{VUELMENIO}} = \frac{M_+}{M_-} > 2$$

Momentos Estabilizantes (M+)

$$M_+ = \sum M_A + E_{HH} \times d + E_{AV} * d$$

$$ME = 3,44 \text{ t-m}$$

Momentos Desestabilizantes (M-)

$$M_- = E_{AH} \times d$$

$$MD = 1,15 \text{ t-m}$$

$$\frac{M_+}{M_-} > 2$$

$$2,991 > 2 \quad \text{CUMPLE !!!!!}$$

2.-) Verificación al Deslizamiento

$$FS_{\text{DESIZAMIENTO}} = \frac{F_+}{F_-} > 1,5$$

$$F_R = \sum \text{RESISTENCIAS}$$

$$f = \text{tg} \left(\frac{2 * \phi}{3} \right)$$

$$F_v = 5,07 \text{ t}$$

$$f = 0,364$$

$$FR = 1,846 \text{ ton}$$

$$FS_{\text{DESIZAMIENTO}} = \frac{FR + E_{PH}}{E_{AH}} > 1,5$$

$$\frac{F_R + E_{PH}}{E_{AH}} > 1,5$$

$$1,560 > 1,5 \text{ CUMPLE !!!!!}$$

3.-) Revision por capacidad de carga

$$e = \frac{M b}{V 2} - \frac{M - M}{V 2} = -0,124$$

$$\sigma_m = \frac{V}{A} * \left[1 \pm \frac{6 * e}{b} \right] =$$

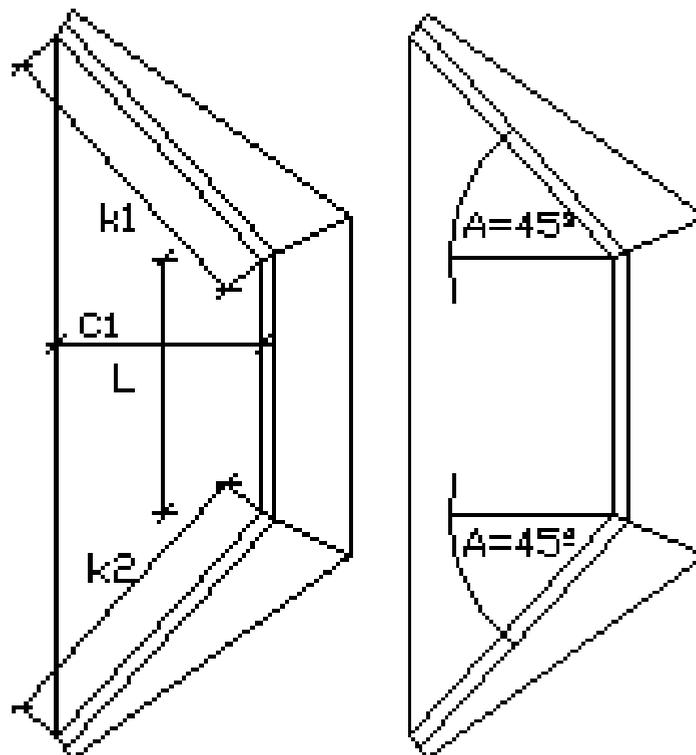
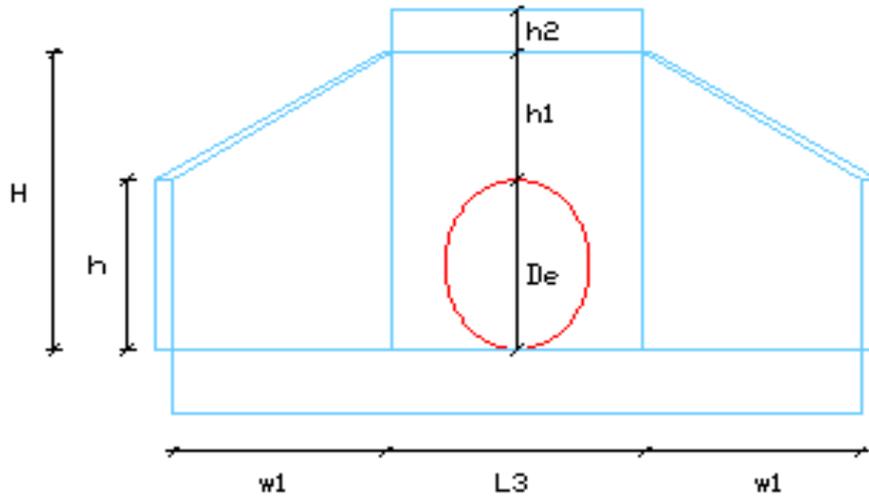
$$\sigma_{\min} = 1,56 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{\max} = 7,26 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{adm}}$$

$$7,26 \text{ t/m}^2 < 10,00 \text{ t/m}^2 \text{ CUMPLE !!!!!}$$

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LOS MUROS CABEZALES:

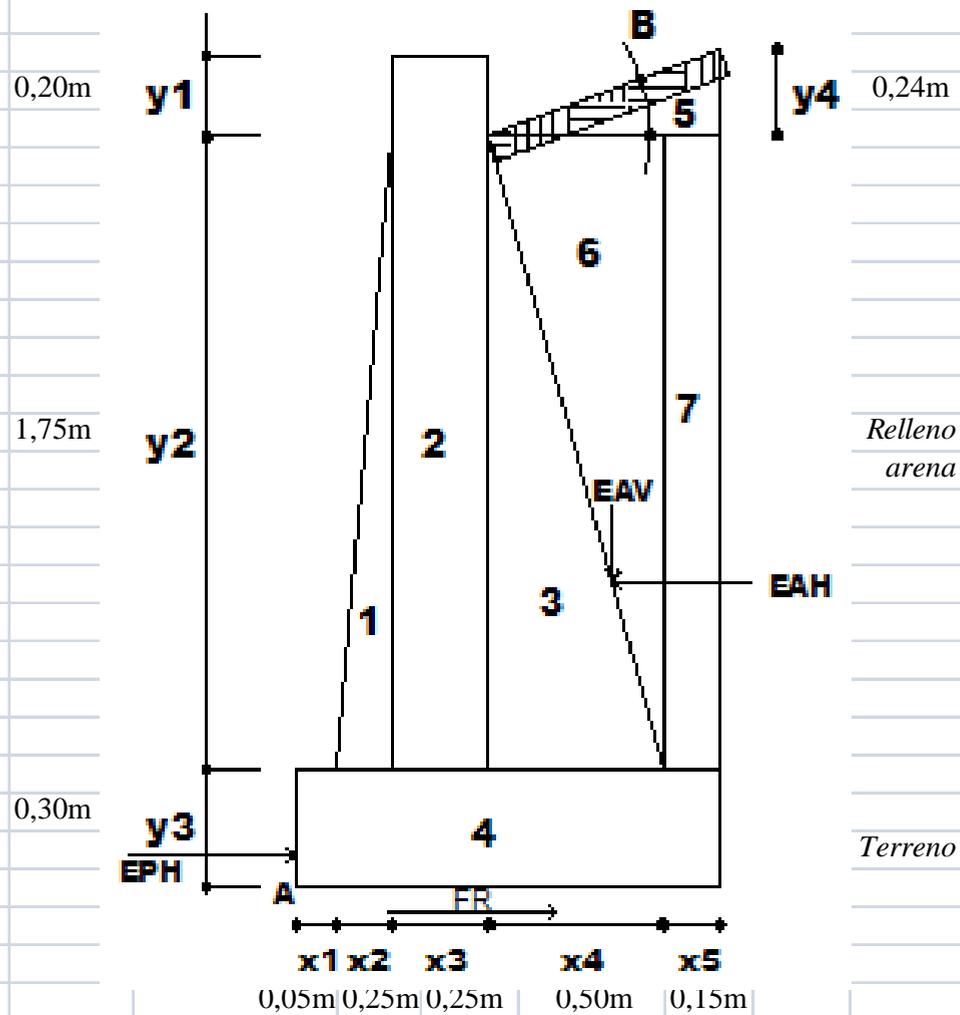


Donde:							
Para alcantarillas rectas	$w_1=w_2$;	$L_3=L$;	$K_1=K_2$				
Datos:							
De	1,1 m	(diametro externo de la tuberia)					
H=	1,80 m	(altura del muro)					
h1=	0,50 m	(altura de muro por encima de la clave de la tuberia)					
A=	45 °	(angulo entre el eje del conducto y el ala)					
						Medidas constructivas	
	$h = \frac{D_e}{2} + h_1 =$		1,05 m			1,05 m	
	$C_1 = (D_e + h_1) \cdot \cos A =$		1,10 m			1,1 m	
	$k_1 = k_2 = \frac{C_1}{\sin A} =$		1,56 m			1,6 m	
	$w_1 = \frac{C_1}{\tan A} =$		1,10 m			1,1 m	
	$L = L_3 = D_e + 0,4 =$		1,5 m			1,5 m	

DIMENSIONAMIENTO DEL MURO DE CABEZAL (TIPO N° 2)

DATOS:

Capacidad portante suelo	$\sigma_{adm} = 10,00\text{t/m}^2$
Altura real del muro	$H_2 = 2,25\text{ m}$
Altura del muro tomando talud natural	$H_3 = 2,29\text{ m}$
Base Muro	$b = 1,20\text{ m}$
Peso Específico H° C°	$\gamma_{H^{\circ}C^{\circ}} = 2,60\text{t/m}$
Peso Epecífico relleno	$\gamma_s = 1,75\text{t/m}$
Peso especifico terreno	$\gamma_s = 1,80\text{t/m}$
Angulo Rozamiento relleno	$\phi = 30,00^{\circ}$
Angulo talud natural	$B = 20,00^{\circ}$
Angulo Rozamiento terreno	$\phi = 35,00^{\circ}$



UTILIZANDO EL MÉTODO DE RANKINE.

a) Cálculo del Empuje Activo E_a .

$$K_A = \frac{\cos B - (\cos^2 B - \cos^2 \phi)^{0.5}}{\cos B + (\cos^2 B - \cos^2 \phi)^{0.5}}$$

$$K_A = 0,441$$

$$E_{AH} = \frac{1}{2} (\gamma * H^2 * K_A * \cos B)$$

$$E_{AH} = 1,895 \text{ t/m}$$

$$E_{AV} = \frac{1}{2} (\gamma * H^2 * K_A * \sin B)$$

$$E_{AV} = 0,690 \text{ t/m}$$

b) Cálculo del Empuje Pasivo.

$$K_p = \frac{\cos B + (\cos^2 B - \cos^2 \phi)^{0.5}}{\cos B - (\cos^2 B - \cos^2 \phi)^{0.5}} = 2,269$$

$$E_{HP} = \frac{1}{2} (\gamma * H^2 * K_p * \cos B) = 0,691 \text{ t/m}$$

Nº	Base	Altura	Area	/	Peso	Brazo	MA
	m	m	m ²	t/m ³	t	m	t-m
1	0,25	1,75	0,22	2,60	0,57	0,22	0,12
2	0,25	1,95	0,49	2,60	1,27	0,43	0,54
3	0,50	1,75	0,44	2,60	1,14	0,72	0,82
4	1,20	0,30	0,36	2,60	0,94	0,60	0,56
5	0,65	0,24	0,08	1,75	0,13	0,98	0,13
6	0,50	1,75	0,44	1,75	0,77	0,88	0,68
7	0,15	1,75	0,26	1,75	0,46	1,13	0,52
Total=			2,28		5,27		3,36

1.-) Verificación al Vuelco

$$FS_{\text{VUELMENIO}} = \frac{M_+}{M_-} > 2$$

Momentos Estabilizantes (M+)

$$M_+ = \sum M_A + E_{HH} \times d + E_{AV} * d$$

$$ME = 4,07 \text{ t-m}$$

Momentos Desestabilizantes (M-)

$$M_- = E_{AH} \times d$$

$$MD = 1,44 \text{ t-m}$$

$$\frac{M_+}{M_-} > 2$$

$$2,815 > 2 \quad \text{CUMPLE !!!!!}$$

2.-) Verificación al Deslizamiento

$$FS_{\text{DESIZAMIENTO}} = \frac{F_+}{F_-} > 1,5$$

$$F_R = \sum \text{VIGAS}$$

$$f = \text{tg} \left(\frac{2 * \phi}{3} \right)$$

$$F_v = 5,96 \text{ t}$$

$$f = 0,364$$

$$FR = 2,169 \text{ ton}$$

$$FS_{\text{DESIZAMIENTO}} = \frac{FR + E_{PH}}{E_{AH}} > 1,5$$

$$\frac{F_R + E_{PH}}{E_{AH}} > 1,5$$

$$1,509 > 1,5 \text{ CUMPLE !!!!}$$

3.-) Revision por capacidad de carga

$$e = \frac{M b}{V 2} - \frac{M - M}{V 2} = -0,160$$

$$\sigma_m = \frac{V}{A} * \left[1 \pm \frac{6 * e}{b} \right] =$$

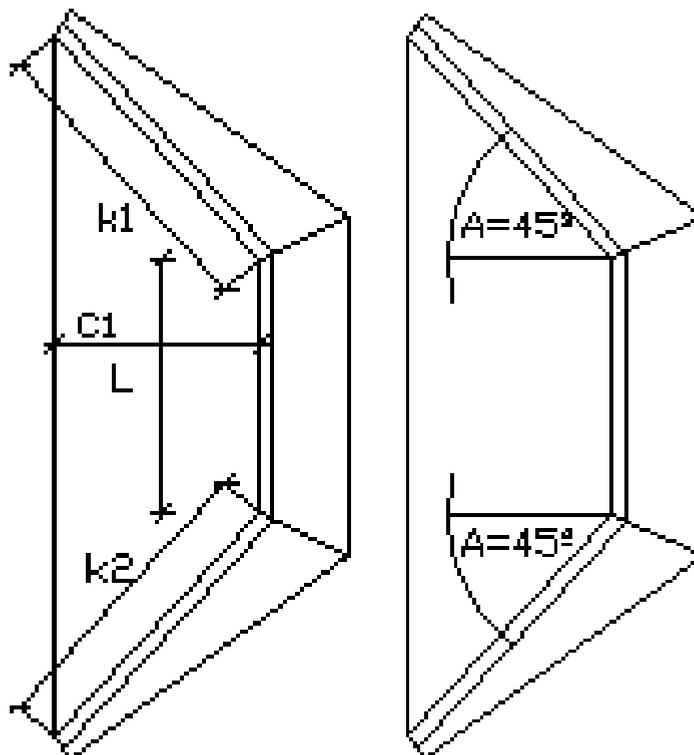
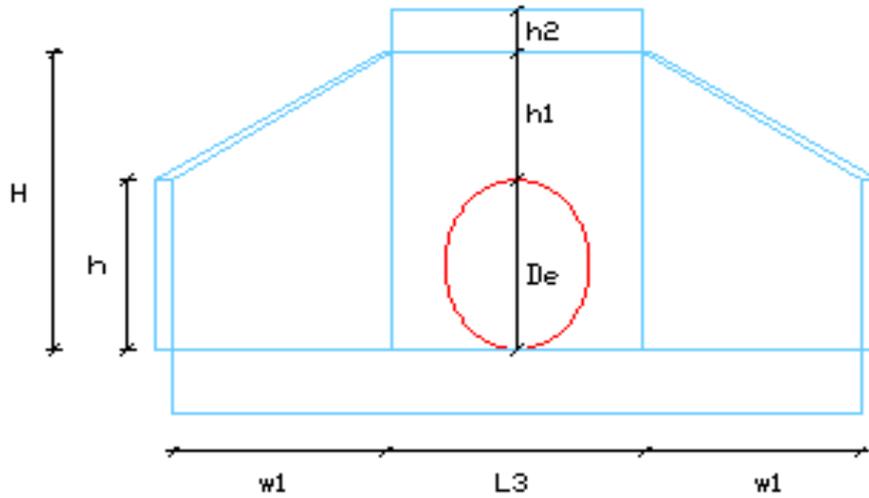
$$\sigma_{\min} = 0,99 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{\max} = 8,94 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{adm}}$$

$$8,94 \text{ t/m}^2 < 10,00 \text{ t/m}^2 \text{ CUMPLE !!!!}$$

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LOS MUROS CABEZALES:

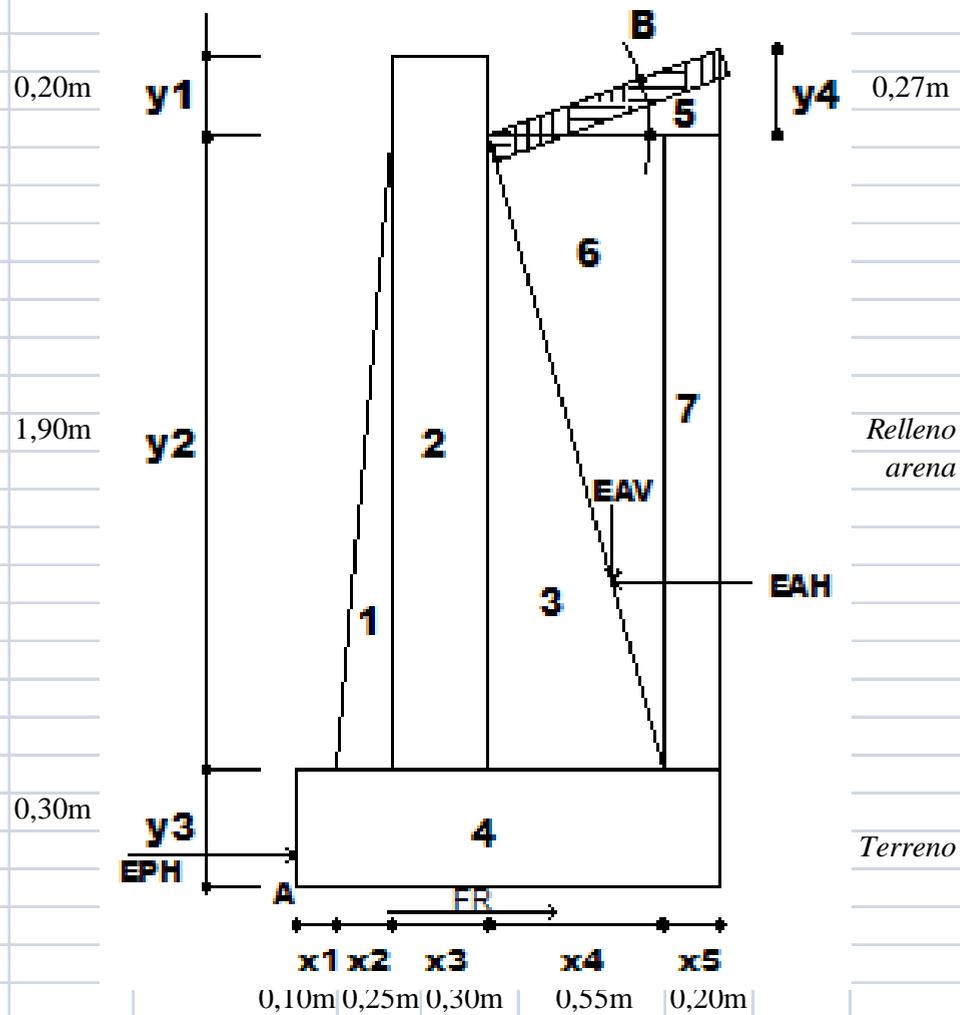


Donde:		
Para alcantarillas rectas $w_1=w_2$; $L_3=L$; $K_1=K_2$		
Datos:		
De	1,25 m	(diametro externo de la tuberia)
H=	1,95 m	(altura del muro)
h1=	0,50 m	(altura de muro por encima de la clave de la tuberia)
A=	45 °	(angulo entre el eje del conducto y el ala)
		Medidas constructivas
	$h = \frac{D_e}{2} + h_1 =$	1,125 m 1,2 m
	$C_1 = (D_e + h_1) \cdot \cos A =$	1,25 m 1,25 m
	$k_1 = k_2 = \frac{C_1}{\sin A} =$	1,77 m 1,75 m
	$w_1 = \frac{C_1}{\tan A} =$	1,25 m 1,25 m
	$L = L_3 = D_e + 0,4 =$	1,65 m 1,65 m

DIMENSIONAMIENTO DEL MURO DE CABEZAL (TIPO N° 2)

DATOS:

Capacidad portante suelo	$\sigma_{adm} = 10,00\text{t/m}^2$
Altura real del muro	$H_2 = 2,40\text{ m}$
Altura del muro tomando talud natural	$H_3 = 2,47\text{ m}$
Base Muro	$b = 1,40\text{ m}$
Peso Específico H° C°	$\gamma_{H^{\circ}C^{\circ}} = 2,60\text{t/m}$
Peso Epecífico relleno	$\gamma_s = 1,75\text{t/m}$
Peso especifico terreno	$\gamma_s = 1,80\text{t/m}$
Angulo Rozamiento relleno	$\phi = 30,00^{\circ}$
Angulo talud natural	$B = 20,00^{\circ}$
Angulo Rozamiento terreno	$\phi = 35,00^{\circ}$



UTILIZANDO EL MÉTODO DE RANKINE.

a) Cálculo del Empuje Activo E_a .

$$K_A = \frac{\cos B - (\cos^2 B - \cos^2 \phi)^{0.5}}{\cos B + (\cos^2 B - \cos^2 \phi)^{0.5}}$$

$$K_A = 0,441$$

$$E_{AH} = \frac{1}{2} (\gamma * H^2 * K_A * \cos B)$$

$$E_{AH} = 2,216 \text{ t/m}$$

$$E_{AV} = \frac{1}{2} (\gamma * H^2 * K_A * \sin B)$$

$$E_{AV} = 0,807 \text{ t/m}$$

b) Cálculo del Empuje Pasivo.

$$K_p = \frac{\cos B + (\cos^2 B - \cos^2 \phi)^{0.5}}{\cos B - (\cos^2 B - \cos^2 \phi)^{0.5}} = 2,269$$

$$E_{HP} = \frac{1}{2} (\gamma * H^2 * K_p * \cos B) = 0,691 \text{ t/m}$$

Nº	Base	Altura	Area	/	Peso	Brazo	MA
	m	m	m ²	t/m ³	t	m	t-m
1	0,25	1,90	0,24	2,60	0,62	0,27	0,16
2	0,30	2,10	0,63	2,60	1,64	0,50	0,82
3	0,55	1,90	0,52	2,60	1,36	0,83	1,13
4	1,40	0,30	0,42	2,60	1,09	0,70	0,76
5	0,75	0,27	0,10	1,75	0,18	1,15	0,21
6	0,55	1,90	0,52	1,75	0,91	1,02	0,93
7	0,20	1,90	0,38	1,75	0,67	1,30	0,86
Total=			2,81		6,46		4,88

1.-) Verificación al Vuelco

$$FS_{\text{VUELMENIO}} = \frac{M_+}{M_-} > 2$$

Momentos Estabilizantes (M+)

$$M_+ = \sum M_A + E_{HH} \times d + E_{AV} * d$$

$$ME = 5,80 \text{ t-m}$$

Momentos Desestabilizantes (M-)

$$M_- = E_{AH} \times d$$

$$MD = 1,83 \text{ t-m}$$

$$\frac{M_+}{M_-} > 2$$

$$3,172 > 2 \quad \text{CUMPLE !!!!!}$$

2.-) Verificación al Deslizamiento

$$FS_{\text{DESIZAMIENTO}} = \frac{F_+}{F_-} > 1,5$$

$$F_R = \sum \text{VIGAS}$$

$$f = \text{tg} \left(\frac{2 * \phi}{3} \right)$$

$$F_v = 7,27 \text{ t}$$

$$f = 0,364$$

$$FR = 2,647 \text{ ton}$$

$$FS_{\text{DESIZAMIENTO}} = \frac{FR + E_{PH}}{E_{AH}} > 1,5$$

$$\frac{F_R + E_{PH}}{E_{AH}} > 1,5$$

$$1,506 > 1,5 \text{ CUMPLE !!!!}$$

3.-) Revision por capacidad de carga

$$e = \frac{M b}{V 2} - \frac{M - M}{V 2} = -0,154$$

$$\sigma_m = \frac{V}{A} * \left[1 \pm \frac{6 * e}{b} \right] =$$

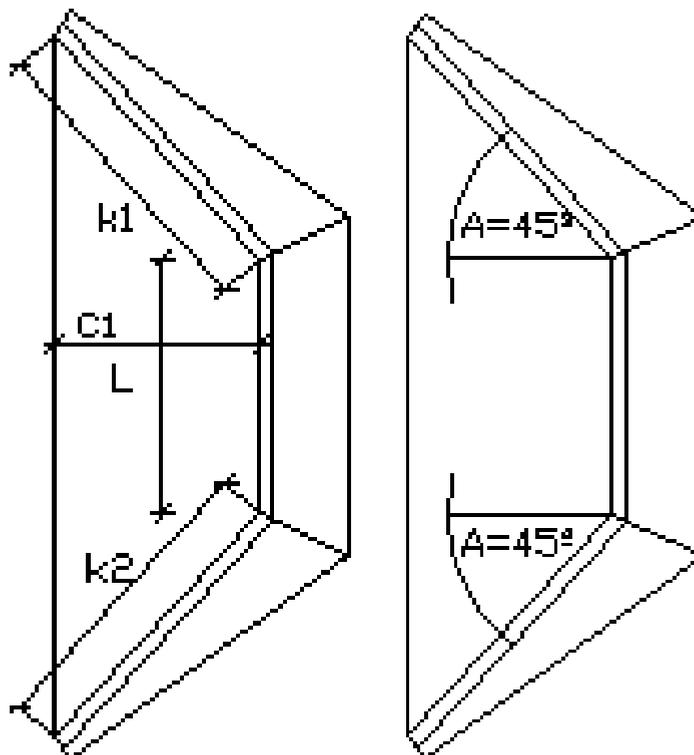
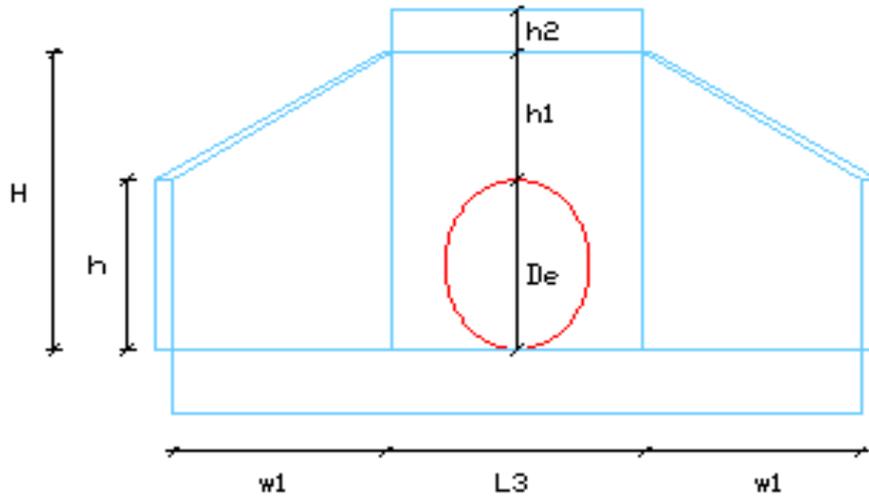
$$\sigma_{\min} = 1,76 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{\max} = 8,63 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{adm}}$$

$$8,63 \text{ t/m}^2 < 10,00 \text{ t/m}^2 \text{ CUMPLE !!!!}$$

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LOS MUROS CABEZALES:



Donde:							
Para alcantarillas rectas $w_1=w_2$; $L_3=L$; $K_1=K_2$							
Datos:							
De	1,4 m	(diametro externo de la tuberia)					
H=	2,10 m	(altura del muro)					
h1=	0,50 m	(altura de muro por encima de la clave de la tuberia)					
A=	45 °	(angulo entre el eje del conducto y el ala)					
						Medidas constructivas	
	$h = \frac{D_e}{2} + h_1 =$		1,2 m			1,2 m	
	$C_1 = (D_e + h_1) \cdot \cos A =$		1,40 m			1,4 m	
	$k_1 = k_2 = \frac{C_1}{\sin A} =$		1,98 m			2 m	
	$w_1 = \frac{C_1}{\tan A} =$		1,40 m			1,4 m	
	$L = L_3 = D_e + 0,4 =$		1,8 m			1,8 m	

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- ✓ La Ingeniera de Proyecto *Apertura Camino El Saire – Rincón Grande Fase II*, es viable Técnicamente al cumplir y estar diseñado conforme a las normas vigentes de la ABC.
- ✓ La Ingeniería del Proyecto *Apertura Camino El Saire – Rincón Grande Fase II*, es factible desde el punto de vista económico al escogerse la alternativa más económica.
- ✓ Entre las actividades que presentan gran incidencia en la obra se encuentra los volúmenes de corte, los cuales económicamente aumentan considerablemente el presupuesto.
- ✓ Es evidente que con el proyecto existirá una integración entre comunidades de El Saire – Rincón Grande y específicamente la comunidad de Rincón Grande por la lejanía hacia una salida al municipio.
- ✓ Mencionar que en la quebrada El Saire ubicado en la Prog. 0+820 debe realizar el estudio complementario de un Puente, el cual no está contemplado en esta etapa por el significativo costo que tiene el mismo y su complejidad de diseño, es así que es muy importante la realización de su diseño pues sin este el camino no podría ejecutarse, lo cual hace la inviabilidad del proyecto.

- ✓ El Presupuesto de Infraestructura del proyecto es de Bs. 5.431.624,88.
- ✓ El costo por kilómetro es de aproximadamente Bs. 625.043,14.
- ✓ El costo de construcción por familia beneficiada es de Bs. 59.039,40.

6.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda el recálculo en la etapa de ejecución de las cantidades del movimiento de tierras para poder optimizar en “situ” este ítem el cual es muy elevados.
- ✓ Si se ejecuta el proyecto se deberá tener un plan de sostenibilidad del camino, es decir, una planificación para cualquier contingencia (derrumbes), ya que en la zona existirán algunos cortes con pendientes fuertes que las mismas puedan ceder ante posibles lluvias.
- ✓ Se deberá apoyar e incentivar a las comunidades en la agricultura, esto con el fin de subir sus niveles de ingreso, como también mantener el camino estable para un tráfico fluido.
- ✓ Con la implementación del Proyecto se recomienda la pronta agilización del Estudio del Puente en Quebrada El Saire, como obra complementaria a dicho estudio de ingeniera.