

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Diseño Preliminar del Paso Vehicular de la
Quebrada El Pogyo, Lumbisí**

Proyecto Técnico

Erwin Santiago Mora Unda

Ingeniería Civil

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del
título de Ingeniero Civil

Quito, 12 de mayo de 2016

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Diseño Preliminar del Paso Vehicular de la Quebrada El Pogyo,
Lumbisí**

SANTIAGO MORA UNDA

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Juan José Recalde Rosero, Ph.D.

Firma del profesor

Quito, 12 de mayo de 2016

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: -----

Nombres y apellidos: Santiago Mora Unda

Código: 00102129

Cédula de identidad: 1103957286

Lugar y Fecha: Quito, mayo 2016

RESUMEN

Este proyecto parte de la necesidad de desarrollo urbano de la comuna de Lumbisí. Tiene como objetivo identificar una solución ingenieril para el diseño del paso vehicular de la quebrada El Pogyo, Lumbisí. La finalidad del proyecto es la de realizar un diseño vial preliminar y un presupuesto referencial de construcción que determine la viabilidad del proyecto. Adicionalmente, se realiza un levantamiento topográfico de la zona del proyecto que permite realizar el diseño geométrico horizontal y vertical pre-preliminar y la caracterización del cruce de la quebrada El Pogyo, para determinar el caudal de diseño utilizado en el análisis de alternativas del cruce de la quebrada se hace un estudio hidrológico-hidráulico. Especial atención se da al análisis de alternativas mediante el dimensionamiento y elaboración del presupuesto de un puente y una alcantarilla como opciones para el cruce de la quebrada El Pogyo.

PALABRAS CLAVES: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO/ DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL/ DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL/ ALCANTARILLA/ PUENTE/ PRESUPUESTO PRELIMINAR.

ABSTRACT

This project arises from the need for urban development in the sector of Lumbisí. Its main goal is to find an engineering solution for designing a vehicular overpass across the *El Pogyo* gorge, in Lumbisí. This study proposes a preliminary design for an overpass and a referential budget that may determine the project's feasibility. Additionally, it conducts a topographic study of the area so that we may elaborate a preliminary horizontal and vertical geometric design and characterize the *El Pogyo* gorge crossing. Further, this project conducted a hydrological and hydraulic study in order to determine the design flow rate to be used in the analysis of alternatives for crossing the gorge. Special attention is given to the analysis of alternatives in the dimensions of the overpass and in the establishment of the budget for a bridge and sewage line across the *El Pogyo* gorge passage.

KEYWORDS: TOPOGRAPHIC STUDY/ HORIZONTAL GEOMETRIC DESIGN/ VERTICAL GEOMETRIC DESIGN/ SEWAGE/ BRIDGE/ PRELIMINARY BUDGET.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	12
1.1. Introducción.....	12
CAPÍTULO II	16
2.1 Levantamiento Topográfico	16
2.2 Estudio Hidrológico-Hidráulico.....	20
2.2.1 Cálculo del tiempo de concentración.	20
2.2.2 Cálculo de las curvas de intensidad y duración de lluvia.	21
2.2.3 Cálculo de las curvas de intensidad y duración de lluvia.	25
2.2.4 Cálculo de caudal.....	25
2.3 Consideraciones de diseño geométrico	26
2.4 Diseño geométrico pre-preliminar	31
2.4.1 Diseño geométrico horizontal y vertical pre-preliminar.....	31
2.4.2 Caracterización del cruce de la quebrada.	40
2.5 Diseño preliminar	42
2.5.1 Diseño vial horizontal y vertical preliminar	42
2.5.2 Análisis de alternativas de cruce.....	47
2.5.2.1 Alternativa puente	47
2.5.2.1.1 Dimensionamiento del puente	48
2.5.2.1.2 Presupuesto del puente.....	49
2.5.2.2 Alternativa Alcantarilla.....	49
2.5.2.2.1 Dimensionamiento de la alcantarilla	50
2.5.2.2.2 Presupuesto de la alcantarilla.....	55

2.5.3 Presupuesto Preliminar	55
CAPÍTULO III	57
3.1 Resultados	57
3.3 Recomendaciones técnicas	59
CAPÍTULO IV	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
Anexo A: Levantamiento Topográfico	62
Anexo B: Diseño Geométrico Preliminar	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen del número de levantamiento de datos	18
Tabla 2 Resumen del Levantamiento de Topográfico	19
Tabla 3 Cuadro de Coordenadas WGS-84 TM Quito.....	19
Tabla 4 Longitud y cotas de la Quebrada del Gallo.....	21
Tabla 5 Pendiente media y tiempo de concentración de la Quebrada del Gallo ..	21
Tabla 6 Datos de intensidad de lluvia teórica según el tiempo de retorno	24
Tabla 7 Datos Resultados de la Intensidad de lluvia ITR.	24
Tabla 8 Áreas de la cuenca.....	26
Tabla 9 Datos de la cuenca para caudales 1, 2 y 3.....	26
Tabla 10 Valores de diseño absoluto para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción	28
Tabla 11 Valores de diseño geométrico utilizados	29
Tabla 12 Cotas de puntos de paso.....	32
Tabla 13 Cálculo de gradiente promedio y equidista.....	33
Tabla 14 Resumen de diseño horizontal pre-preliminar	36
Tabla 15 Gradientes longitudinales por tramos	37
Tabla 16 Reporte de volumen: Tramo 1	39
Tabla 17 Reporte de volumen: Tramo Relleno.....	39
Tabla 18 Reporte de volumen: Tramo 2.....	39
Tabla 19 Resumen del diseño vertical pre-preliminar	40
Tabla 20 Caracterización del cruce de la Quebrada El Pogyo	41
Tabla 21 Cotas de puntos de paso diseño preliminar	43

Tabla 22 Diseño geométrico horizontal preliminar	44
Tabla 24 Reporte de volúmenes diseño preliminar	46
Tabla 25 Presupuesto aproximado del puente sobre el rio Tundayme	49
Tabla 26 Diseño de tubería Flowmaster.....	52
Tabla 27 Presupuesto aproximado de alcantarilla.....	55
Tabla 28 Presupuesto preliminar del paso vehicular de la quebrada El Pogyo	56
Tabla 29 Características viales del diseño vial preliminar	57
Tabla 30 Características del Diseño de la Alcantarilla	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la comuna de Lumbisí.....	13
Figura 2 Zona de desarrollo urbano de la comuna de Lumbisí	14
Figura 3 Fotografías del camino de herradura	16
Figura 4 Carta topográfica de Tumbaco.....	17
Figura 5 Longitud y cotas de la Quebrada del Gallo	21
Figura 6 Zonificación de intensidades de precipitación	23
Figura 7 Curvas de intensidad de lluvia	24
Figura 8 Áreas de la cuenca.....	25
Figura 9 Sección típica para camino vecinal	30
Figura 10 Puntos de paso	31
Figura 11 Tramos entre puntos de paso	32
Figura 12 Línea de ceros	34
Figura 13 Detalle de relleno del paso.....	35
Figura 14 Detalle geométrico de la Y	35
Figura 15 Perfil vertical Tramo 1	37
Figura 16 Perfil vertical Tramo Relleno	37
Figura 17 Perfil vertical Tramo 2	38
Figura 18 Sección camino vecinal.....	38
Figura 19 Longitud del paso de la quebrada El Pogyo.....	41
Figura 20 Perfil transversal de la quebrada El Pogyo	41
Figura 21 Puntos de paso diseño preliminar	43
Figura 22 Perfil vertical diseño preliminar	45

Figura 23 Diagramas de masas diseño preliminar	47
Figura 24 Alternativas de paso.....	47
Figura 25 Dimensionamiento del puente sobre el rio Tundayme	48
Figura 26 Línea de descarga alcantarillado zona urbana comuna de Lumbisí	51
Figura 27 Propuesta para nueva línea de descarga alcantarillado zona urbana comuna de Lumbisí.....	51
Figura 28 Dimensionamiento de tubería	52
Figura 29 Perfil transversal de la quebrada El Pogyo	53
Figura 30 Longitud de alcantarilla	53
Figura 31 Espaciamientos mínimos permisibles para instalaciones múltiples	53
Figura 32 Detalles de protección de una alcantarilla.....	54
Figura 33 Dimensionamiento alcantarilla vista fronta	54
Figura 34 Dimensionamiento alcantarilla vista lateral	54

CAPÍTULO I

1.1. Introducción

Desde los inicio la historia, las vías han jugado un papel muy importante en el progreso de la humanidad, permitiendo el desarrollo económico y social de los pueblos. El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se encuentra en la provincia de Pichincha situada en la serranía ecuatoriana y se caracteriza por poseer una topografía muy irregular. Lo que se ha convertido en el principal factor del lento desarrollo de la red vial del DMQ. Razón por la cual la Comuna de Lumbisí, ubicada como se muestra en la Figura 1 a 17 kilómetros al sur oriente de la parroquia de Cumbayá perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito, por medio de su cabildo solicitó a la Universidad San Francisco de Quito a través del programa de vinculación con la comunidad, se realice el diseño del paso vehicular de la quebrada El Pogyo, lo que permitirá unir la zona urbana con la zona agrícola, con la finalidad de convertir a esta zona en la nueva zona de desarrollo urbano de la comuna de Lumbisí como se muestra en la Figura 2.

El presente trabajo denominado “Diseño Preliminar del Paso Vehicular de la Quebrada El Pogyo, Lumbisí” surge a partir de la necesidad de desarrollo urbano de la Comuna de Lumbisí. Para desarrollar el proyecto es necesario realizar un levantamiento topográfico del área donde se ejecutara el diseño.

Además, se realiza un estudio hidráulico-hidrológico, a partir de la información proporcionada por la carta topográfica escala 1:25000 de Tumbaco del Instituto Geográfico Militar (IGM) y de los ábacos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), para determinar el caudal de diseño de la obra que se realizará en el paso de la quebrada El Pogoyo.

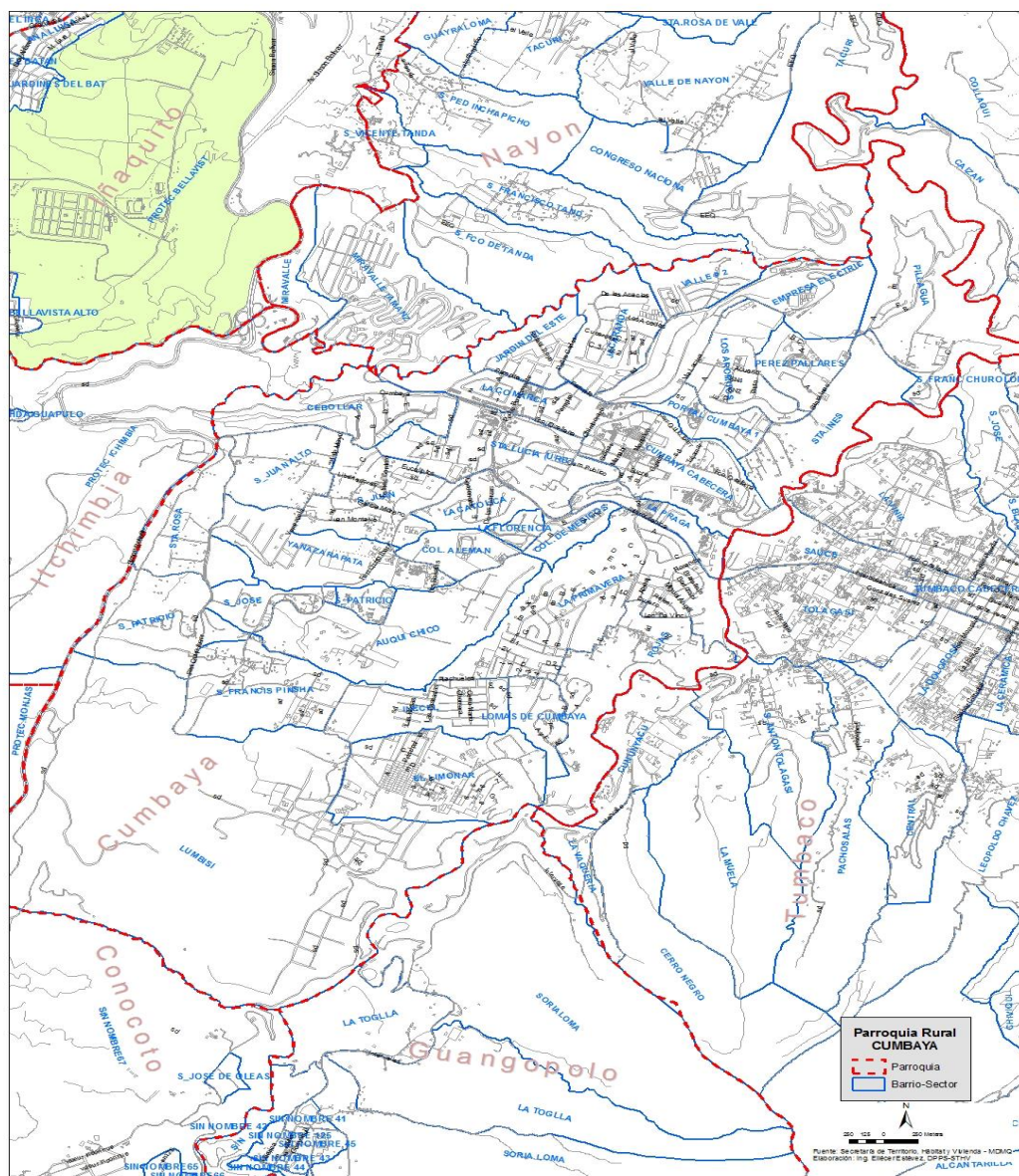


Figura 1 Ubicación de la comuna de Lumbisi

Fuente: Secretaria de Territorio, Habitación y Vivienda-MDMQ



Figura 2 Zona de desarrollo urbano de la comuna de Lumbisí

Fuente: Google Earth

El diseño geométrico vial se lo realiza en base a los valores de diseño recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción, determinados en el Manual de Normas de Diseño Geométrico del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Para realizar un diseño efectivo acoplándose a los recursos económicos de la comuna de Lumbisí el diseño geométrico vial se divide en dos etapas. Diseño pre-preliminar, consiste en el diseño vial horizontal con el que se define el trazado horizontal de la vía y en el diseño vial vertical con el que se realiza la caracterización del cruce la quebrada y

se definen las pendientes longitudinales máximas que pueden ser utilizadas para el diseño del proyecto. Diseño preliminar, en esta etapa se realiza un análisis más profundo que busca la optimización técnico-económica del diseño geométrico horizontal y vertical, además, se realiza un análisis de alternativas del cruce de la quebrada El Pogyo entre un puente y una alcantarilla, mediante el dimensionamiento y elaboración de un presupuesto que permita determinar la mejor opción a utilizarse. Finalmente se elabora un presupuesto referencial preliminar del diseño del paso vehicular de la quebrada El Pogyo.

CAPÍTULO II

2.1 Levantamiento Topográfico

Para realizar el levantamiento topográfico se realizó una vista de reconocimiento al sitio del proyecto con la finalidad de determinar el área a levantar. Como se observa en la Figura 3 el área del levantamiento comprende un camino de herradura que une la zona de desarrollo urbano con la zona de producción agrícola de la Comuna de Lumbisí.



Figura 3 Fotografías del camino de herradura

A partir de la carta topográfica de Tumbaco a escala 1:250.000 que se observa en la Figura 4 e información del Instituto Geográfico Militar, se determina que no existen hitos cercanos a la zona del proyecto que permitan el amarre del levantamiento a realizar o determinar los puntos de verificación. El levantamiento de datos en el campo se realizó el día lunes 8 de febrero de 2016 y se dispuso del siguiente personal y equipo para su ejecución.

Personal:

- 1 Topógrafo
- 1 Cadenero
- 1 Perfilero

Equipo:

- 1 Estación Total; Trimble-3605
- 1 Trípode
- 2 Prisma
- 1 Cinta métrica
- 1 Altimetro
- 1 GPS
- 1 Brújula



Figura 4 Carta topográfica de Tumbaco
Fuente: Instituto Geográfico Militar (2009)

Para el levantamiento de datos al no disponer de hitos o puntos georeferenciados se colocó 3 puntos GPS de referencia que pueden ser elanzados si es necesario a la red nacional topográfica del IGM o al sistema de base de datos cartográficos del Distrito Metropolitano de Quito. En la tabla 1 se observa el resumen del levantamiento de datos realizado en campo. En el Anexo A se presenta en formato digital una hoja de cálculo con los datos obtenidos ordenados por código y descripción.

Tabla 1 Resumen del número de levantamiento de datos

Levantamiento de Datos	
Puntos GPS	3
Puntos de Estación	9
Puntos Levantados	529

La Ordenanza Municipal No. 0225 establece el formato de coordenadas SIRES-DMQ. El Sistema de Referencia Espacial del Distrito Metropolitano de Quito toma como datum horizontal el Sistema Geodésico Mundial 1984 (GWS 84) y como datum vertical el Sistema de Alturas sobre el nivel medio del mar respecto a la Estación Mareográfica de la Libertad, Provincia de Santa Elena.

Para cumplir con el formato de coordenadas establecido mediante Ordenanza Municipal No 0225. Se levantaron puntos en dos casas y un tramo de calle sin salida ubicados al noroeste del punto GPS 2. Con estos puntos y toda la topografía levantada se realizó el enlace a un levantamiento catastral previamente elaborado por el Municipio Metropolitano de Quito. La información del levantamiento catastral fue otorgada por Criteria Ecuador a partir su registro histórico. En la tabla 2 se presenta un resumen general del levantamiento topográfico en el que describe su ubicación, escala, fecha, área levantada,

software y formato de coordenadas. La tabla 3 presenta el cuadro de coordenadas WGS-84 TM Quito, en el que se define las coordenadas y cotas de 5 puntos determinados. En el Anexo A se encuentra los planos del levantamiento topográfico a escala 1 : 500.

Tabla 2 Resumen del Levantamiento de Topográfico

PROYECTO: Estudios para el paso de la quebrada El Pogyo		
UBICACIÓN	Sector: El Tablón de Lumbisí	Provincia: Pichincha
	Parroquia: Cumbayá	Cantón: Quito
ESCALA	1:500	
FECHA	Febrero 2016	
ÁREA LEVANTADA	14240 m ²	
SOFTWARE	AutoCAD 2015	
FORMATO DE COORDENAS	SIREs-DMQ	

Tabla 3 Cuadro de Coordenadas WGS-84 TM Quito

CUADRO DE COORDENADAS WGS-84 TM QUITO			
PUNTO	NORTE	ESTE	COTA
GPS 1	9973882.25	505799.64	2883.28
GPS 2	9973896.65	505803.36	2387.12
1	9973736.36	505816.45	2409.86
2	9973899.63	505853.35	2394.04
3	9973867.84	505793.98	2379.98

2.2 Estudio Hidrológico-Hidráulico

2.2.1 Cálculo del tiempo de concentración.

El tiempo de concentración es un concepto que se utiliza en hidrología para medir la respuesta de una cuenca ante un evento de lluvia. Se define como el tiempo necesario para que el agua fluya desde el punto más remoto en una cuenca hidrográfica a la salida de la cuenca (Haan, Barfield, Hayes, 1994). Es una función de la topografía, la geología y uso de la tierra dentro de la cuenca.

El tiempo de concentración es útil en la predicción de las tasas de flujo que resultarían de tormentas hipotéticas, que se basan en períodos de retorno. A menudo por razones principalmente económicas, es importante para los ingenieros e hidrólogos poder predecir con exactitud la respuesta de una cuenca ante un evento de lluvia dado (Haan, Barfield, Hayes, 1994). Para el cálculo de tiempo de concentración se utiliza la ecuación 1. Donde t_c es el tiempo de concentración medido en horas; L es la longitud del cauce principal medido en metros y S es la pendiente media del río principal. Se determina L , cota inicial y cota final a partir de carta topográfica de Tumbaco proporcionada por el Instituto Geográfico Militar. En la Figura 4 se observa longitud, cota inicial y cota final de la quebrada Del Gallo. En la Tabla 4 se presentan las características de la Quebrada del Gallo. La pendiente media S se determina mediante la ecuación 2. En la Tabla 5 se muestra la pendiente media de la Quebrada del Gallo y el tiempo de concentración calculado a partir de la ecuación 1.

$$t_c = 0,000325 \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (1)$$

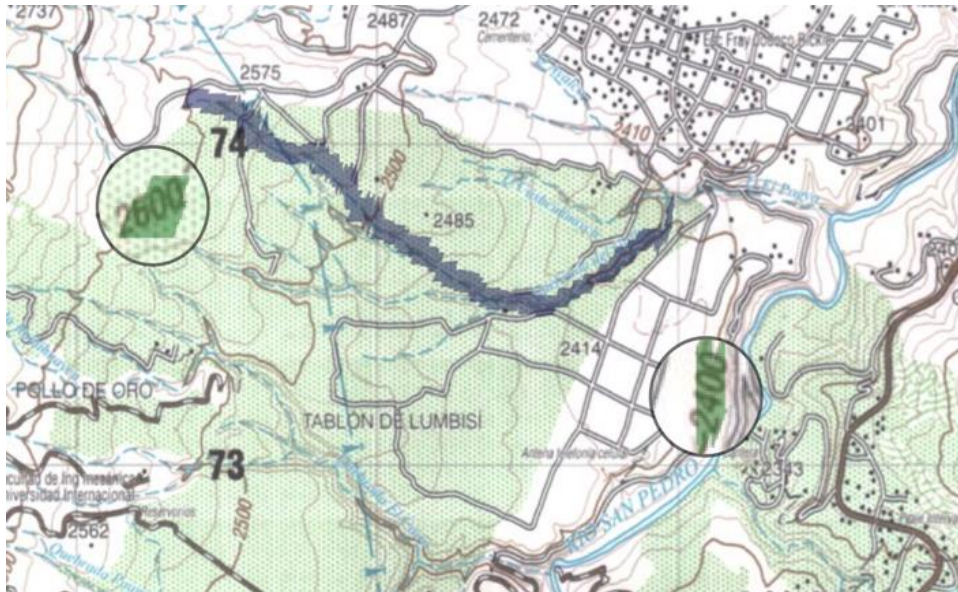


Figura 5 Longitud y cotas de la Quebrada del Gallo
Fuente Instituto Geográfico Militar (2009)

Tabla 4 Longitud y cotas de la Quebrada del Gallo

CAUCE: Quebrada del Gallo	
LONGITUD	2125 m
COTA INICIAL	2600 m
COTA FINAL	2400 m

$$S = \frac{(Cota\ inicial - Cota\ final)}{Longitud\ del\ cauce\ mayor} \quad (2)$$

Tabla 5 Pendiente media y tiempo de concentración de la Quebrada del Gallo

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN		
S	0.09412	
Tc	0,29449 Horas	17,67 Minutos

2.2.2 Cálculo de las curvas de intensidad y duración de lluvia.

Para el cálculo de intensidad de lluvia se utiliza las ecuaciones pluviométricas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

correspondientes a las 32 zonas meteorológicas del país. En la Figura 6 se observa que la zona en la que se ubica el proyecto es la zona 12 correspondiente a la estación Quito-Iñaquito. Las ecuaciones representativas de la zona 12 elaboradas por el INAMHI son las siguientes:

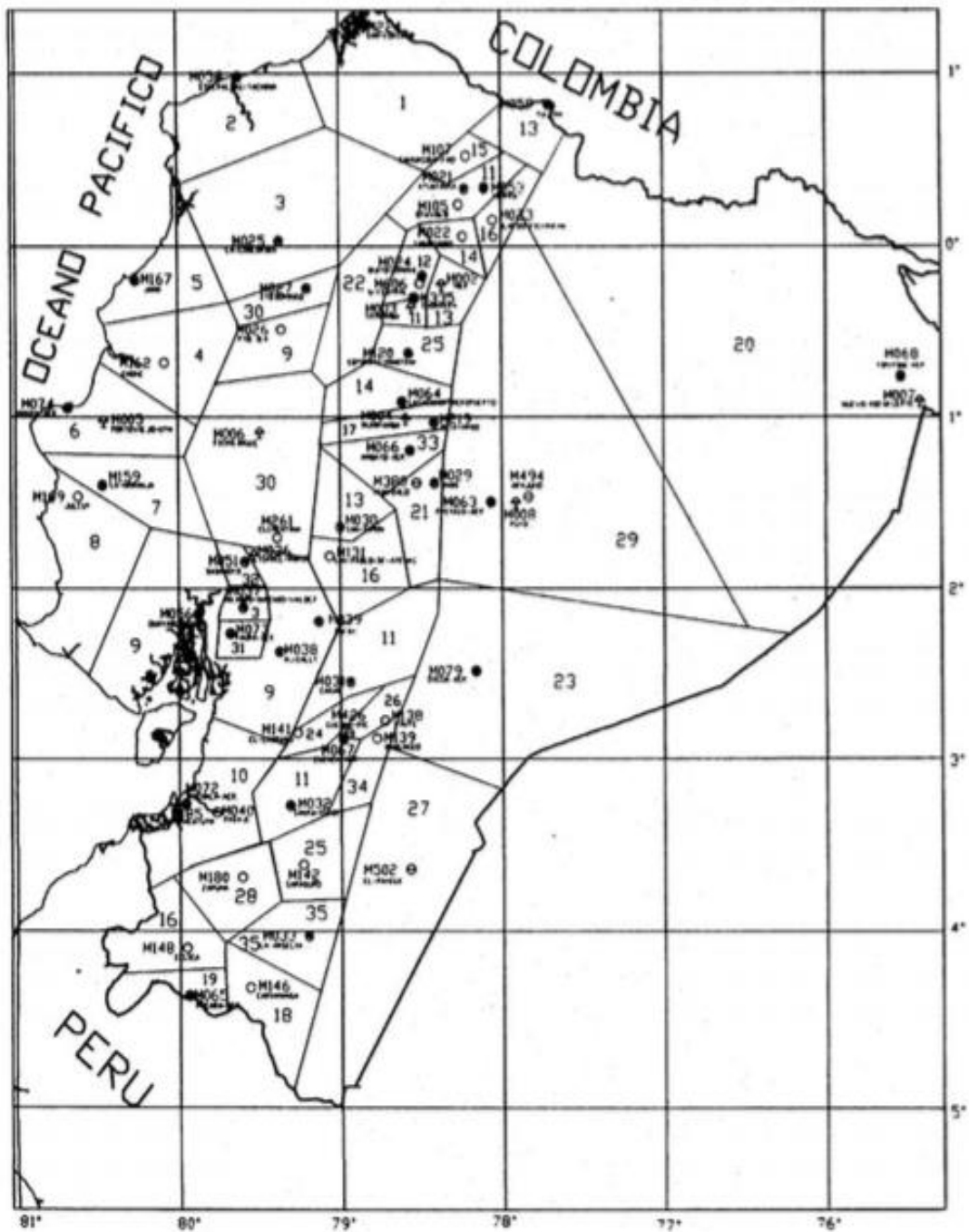
$5min. < 50min.$

$$I_{TR} = 138,01 \times t^{-0,4882} \times Id_{TR} \quad (3)$$

$50min. < 1440min.$

$$I_{TR} = 674,13 \times t^{-0,8935} \times Id_{TR} \quad (4)$$

Donde el I_{TR} es la intensidad de lluvia cuyo valor toma en cuenta el tiempo de retorno; t es el tiempo de lluvia en minutos e Id_{TR} es la intensidad de lluvia teórica obtenida de los ábacos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología con diferentes periodos de retorno como se muestra en la Tabla 6. En las ecuaciones 3 y 4 se reemplaza los valores del Id_{TR} para cada tiempo de retorno y se escoge diferentes valores de tiempo para obtener la Tabla 7. A partir de la misma tabla se obtienen las curvas de intensidad de lluvia mostradas en la Figura 7.



- SIMBOLOGIA**
- △ EST. AGRICULT. PRINCIPAL
 - EST. CLIMAT. PRINCIPAL
 - EST. CLIMAT. ORDINARIA
 - EST. PLUVIOGRAFICA
 - ⊖ EST. FLUVIOMETRICA

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DIRECCION DE HIDROLOGIA DEPARTAMENTO DE HIDROMETRIA		
ZONIFICACION DE INTENSIDADES DE PRECIPITACION		
MAPA N° 1		MAYO 1999
ELABORACION	REVISADO	APROBADO
DPTO. HIDROMETRIA	ING. LUIS RODRIGUEZ F. JEFE DPTO. HIDROMETRIA	ING. MILTON SILVA C. DIRECTOR DE HIDROLOGIA

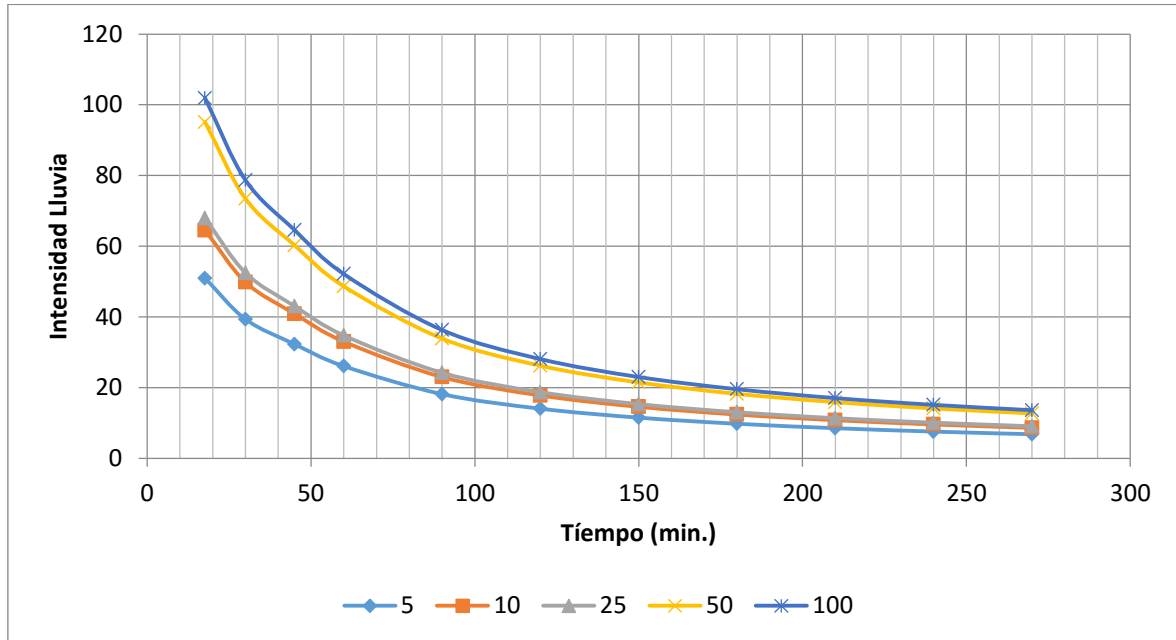
Figura 6 Zonificación de intensidades de precipitación
 Fuente Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

Tabla 6 Datos de intensidad de lluvia teórica según el tiempo de retorno
Fuente Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

TR (años)	IdTR
5	1,5
10	1,9
25	2
50	2,8
100	3

Tabla 7 Datos Resultados de la Intensidad de Lluvia I_{TR} .

Tr. (años)	Tiempo (min.)										
	17,67	30	45	60	90	120	150	180	210	240	270
5	50,944925	39,343339	32,277766	26,064943	18,143423	14,03093	11,494693	9,7667243	8,5100473	7,5529423	6,7984732
10	64,530239	49,834896	40,88517	33,015594	22,981669	17,772512	14,559944	12,371184	10,779393	9,5670603	8,6113994
25	67,926567	52,457786	43,037021	34,753257	24,191231	18,707907	15,326257	13,022299	11,34673	10,07059	9,0646309
50	95,097194	73,4409	60,251829	48,654559	33,867723	26,19107	21,45676	18,231219	15,885422	14,098826	12,690483
100	101,88985	78,686679	64,555532	52,129885	36,286846	28,061861	22,989386	19,533449	17,020095	15,105885	13,596946



Donde 5= tiempo de retorno 5 años; 10= tiempo de retorno 10 años; 25= tiempo de retorno 25 años ; 50= tiempo de retorno 50 años ; 100= tiempo de retorno 100 años.

Figura 7 Curvas de intensidad de lluvia

2.2.3 Cálculo de las curvas de intensidad y duración de lluvia.

De la Tabla 7 se observa que el primer valor es de 17,67 *min.* Ese valor obtenido anteriormente; es el tiempo de concentración. Con este tiempo se calcula la intensidad de lluvia con la ecuación 3. Como el mínimo periodo de retorno es de 5 años la intensidad de lluvia en la cuenca es $I = 50,9449 \text{ mm./h.}$

2.2.4 Cálculo de caudal.

Para realizar el cálculo de Caudal se utiliza la ecuación 5, donde A es el área, I es la intensidad de lluvia obtenida y C es el coeficiente de escorrentía. En la Figura 8 se define las dos áreas para calcular el caudal de la cuenca en primer lugar el área de producción agrícola y en segundo lugar el área urbana debido a que en el punto de interés existe una descarga del alcantarillado pluvial que recoge el agua de la zona urbana de la comuna de Lumbisí. En tabla 8 se muestran las dos áreas en hectareas de la cuenca.

$$Q_{\text{cuenca}} = \frac{CIA}{360} \quad (5)$$

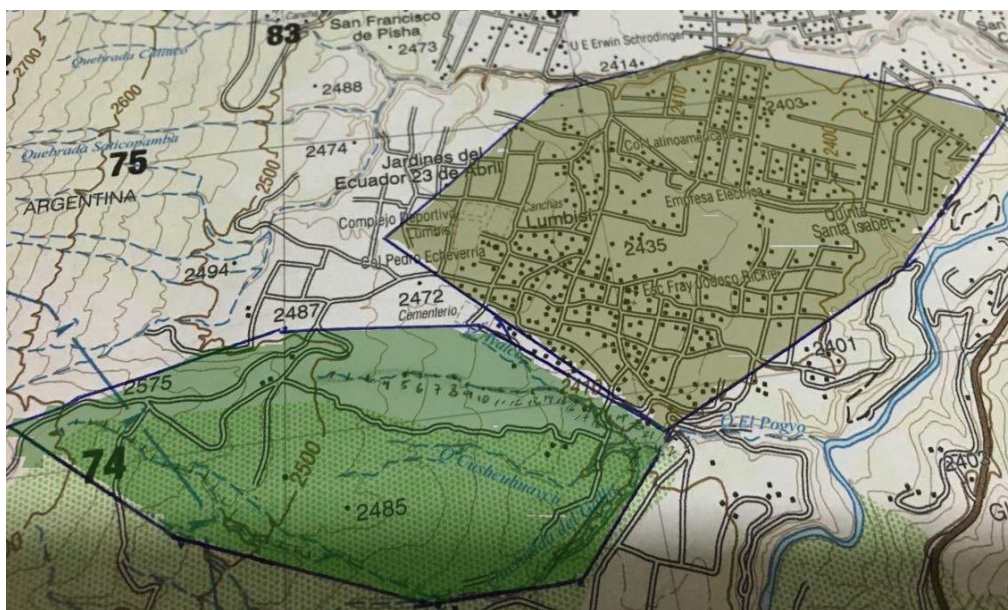


Figura 8 Áreas de la cuenca
Fuente Instituto Geográfico Militar

Tabla 8 Áreas de la cuenca

Zona	Área (Ha)
Urbana	173,5473
Agrícola	139,9013
Urbana + Rural	313,4486

Con los datos de área, coeficiente de escorrentía e intensidad de lluvia mostrados en la Tabla 9 y la ecuación 5, se calcula el caudal 1, caudal 2 y caudal 3 correspondientes a la zona urbana, zona agrícola y zona urbana más agrícola respectivamente.

Tabla 9 Datos de la cuenca para caudales 1, 2 y 3

Caudal	Zona	Área (Ha)	C	I (mm/h)
1	Urbana	173,5473	0,8	50,9449
2	Rural	139,9013	0,8	50,9449
3	Urbana + Rural	313,4486	0,8	50,9449

$$Q_1 = \frac{CIA}{360} = 19,647 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q_2 = \frac{CIA}{360} = 15,838 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q_3 = \frac{CIA}{360} = 35,4858 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

2.3 Consideraciones de diseño geométrico

El presente diseño geométrico consta del análisis de distintas alternativas para su posterior construcción adaptándose a las características topográficas del

sitio y a las necesidades sociales, para de esta manera conseguir un diseño preliminar óptimo y económicamente viable. Por lo tanto para el desarrollo geométrico vial se procede a tomar los valores máximos permitidos por las normas del Diseño de carreteras 2003 del Ministerio de Transporte y Obras Publicas mostrados en la Tabla 10, puesto que las características del relieve topográfico así lo determinan.

Tabla 10 Valores de diseño absoluto para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción

República del Ecuador
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE
DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN

NORMAS	CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE III 300 – 1 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE IV 100 – 300 TPDA ⁽¹⁾						CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾							
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA				
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 ⁽³⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽³⁾		
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 ⁽³⁾		
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25		
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110		
Peralte	MÁXIMO = 10%												10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)																			
Coefficiente "K" para: ⁽²⁾																																
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2		
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3		
Gradiente longitudinal ⁽³⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14		
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%)	0,5%																															
Ancho de pavimento (m)	7,3			7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00						4,00 ⁽⁵⁾							
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica						Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado							
Ancho de espaldones ⁽⁵⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						---							
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0							
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁶⁾ - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						---							
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																															
Puentes	Carga de diseño HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																															
	Ancho de la calzada (m) SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																															
	Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾ 0,50 m mínimo a cada lado																															
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																															
LL = TERRENO PLANO 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																																

- El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario proyectado a 15 – 20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7 000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una autopista. (Las normas para esta serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 K.P.H. más para clase de terreno – Ver secciones transversales típicas para más detalles. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.
- Longitud de las curvas verticales: $L = KA$, en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algebraica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales: $L_{\min} = 0,60V$, en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.
- En longitudes cortas menores a 500 m. se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m.
- Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m. a 6 m. de altura, previo análisis y justificación.
- Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Secciones Típicas en Normas). Se ensanchará la calzada 0,50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.
- Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.
- En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, úsense dos aceras completas de 1,20 m de ancho.
- Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular.
- Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar $V_0 = 20$ Km/h y $R = 15$ m siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

NOTA: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de construcción. Se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual.

Fuente Manual de Diseño Geométrico Ministerio de Transporte y Obras Públicas

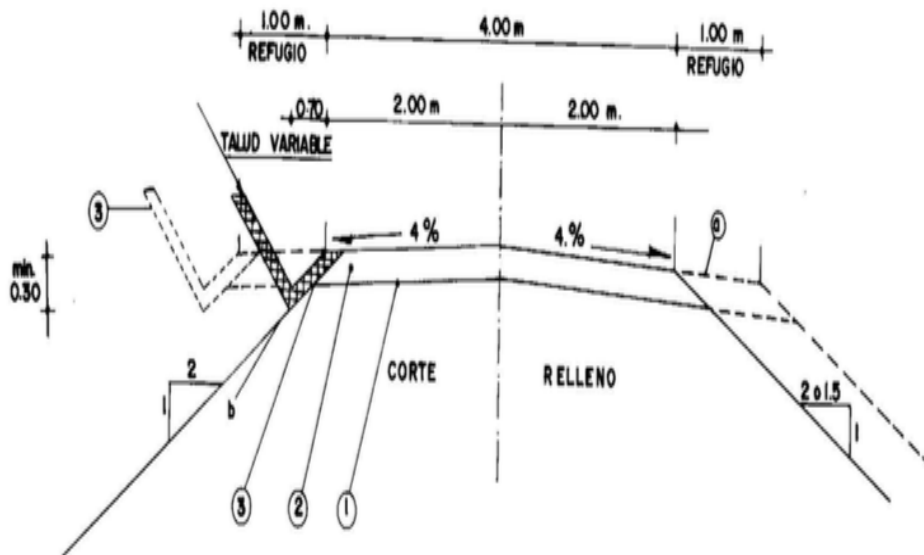
En resumen, los valores para la realización del presente diseño son los dictaminados por los valores de diseño absoluto para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción. Para la ejecución del presente proyecto se debe tomar en cuenta los numerales 2, 3, 4 y 9 de la nota de pie la Tabla 10 además se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual (Cueva). En el presente caso el trazado actual es el camino de herradura existente, por lo que los valores de diseño utilizados en la ejecución de los proyectos son los mostrados en la Tabla 11. En la figura 9 se muestra la sección típica 4 del manual de diseño que es la que se utiliza en el presente diseño.

Tabla 11 Valores de diseño geométrico utilizados

Normas	Clase V
	Camino Vecinal
	Menos de 100 TPDA
	Montañoso-Escarpado
Velocidad de diseño (K.P.H)	20
Radio mínimo de curva Horizontales (m)	15
L min para:	
Curvas Verticales Convexas (m)	12
Curvas Verticales Cóncavas (m)	12
Gradiente longitudinal máxima %	17
Gradiente Longitudinal mínima %	0
Ancho de vía (m)	4
Clase de pavimento	Capa Granular o empedrado

Fuente Manual de Diseño Geométrico Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2003)

SECCION TIPICA '4



LEYENDA

- ① SUPERFICIE DE SUBRASANTE COMPACTADA
- ② SUB-BASE (Espesor variable)
- ③ CUNETAS REVESTIDAS (Empedradas)

NOTAS: a) PARA TRAMOS LARGOS, DEBE ENSANCHARSE LA CALZADA PARA PROVEER REFUGIOS DE ENCUENTRO DE 10 Mts. DE LARGO (MAS TRANSICION) CON ESPACIAMIENTO APROXIMADO DE 500 Mts. EN TERRENO LLANO, 250 Mts. EN TERRENO ONDULADO Y 150 Mts. EN TERRENO MONTAÑOSO.

b) COMO REGLA GENERAL, USE CUANDO LA PENDIENTE LONGITUDINAL SEA MAYOR DE 4% Y DONDE EL MATERIAL EN SITIO SEA EROSIONABLE.

Figura 9 Sección típica para camino vecinal

Fuente Manual de Diseño Geométrico del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2003)

2.4 Diseño geométrico pre-preliminar

2.4.1 Diseño geométrico horizontal y vertical pre-preliminar

Para el diseño geométrico horizontal se definieron cuatro puntos de paso. En la Figura 10 se muestran estos cuatro puntos, que se los definió como: punto inicial, punto de paso 1, punto de paso 2 y punto final. En la Tabla 12 se definen las cotas de los puntos de paso. De la Figura 10 se obtiene las cotas y las distancias horizontales entre los puntos P_i - P_1 , P_1 - P_2 , P_2 - P_f indicados en la Figura 11. Los segmentos de recta horizontal entre los puntos definidos previamente se convierten en tramo 1, tramo relleno y tramo 3 respectivamente.

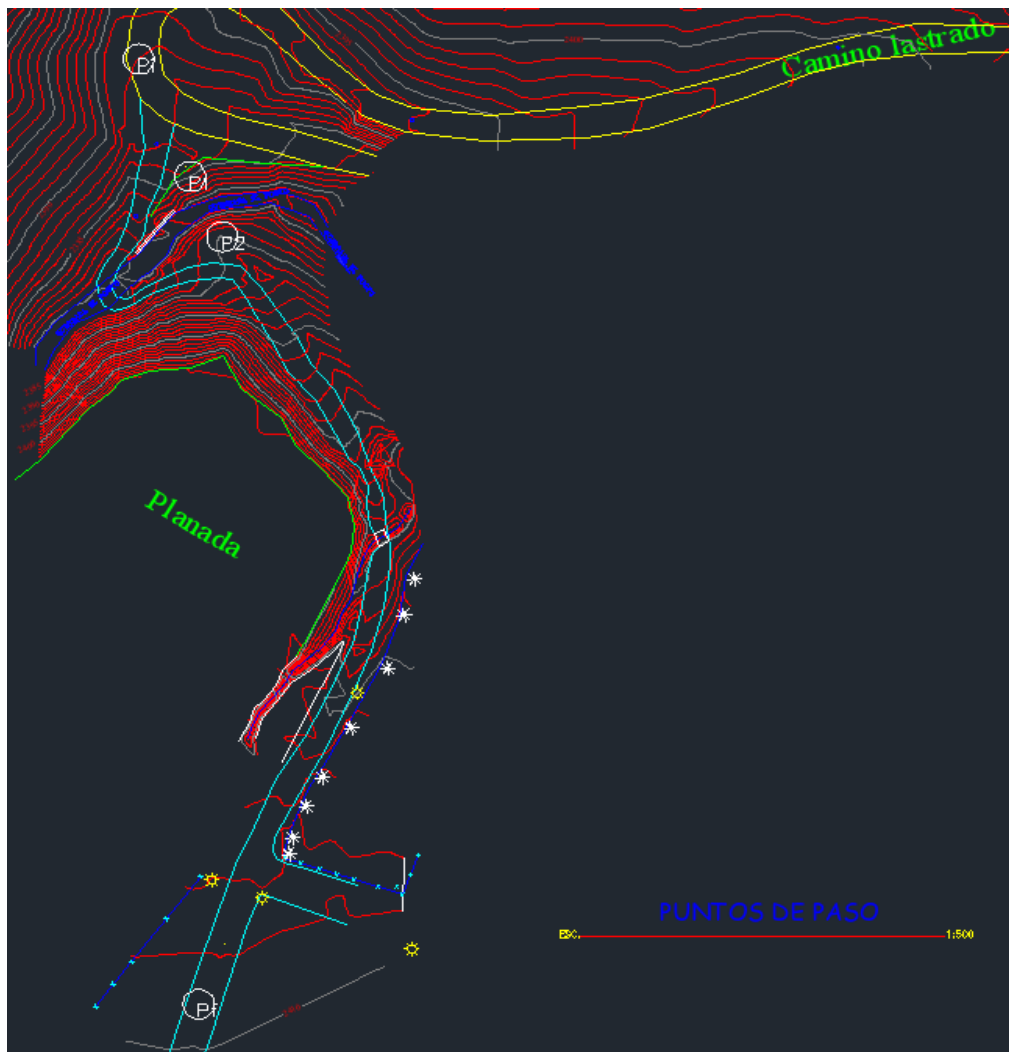


Figura 10 Puntos de paso

Tabla 12 Cotas de puntos de paso

Punto	Cota (m.s.n.m)
Pi	2388
P1	2385
P2	2385
Pf	2410

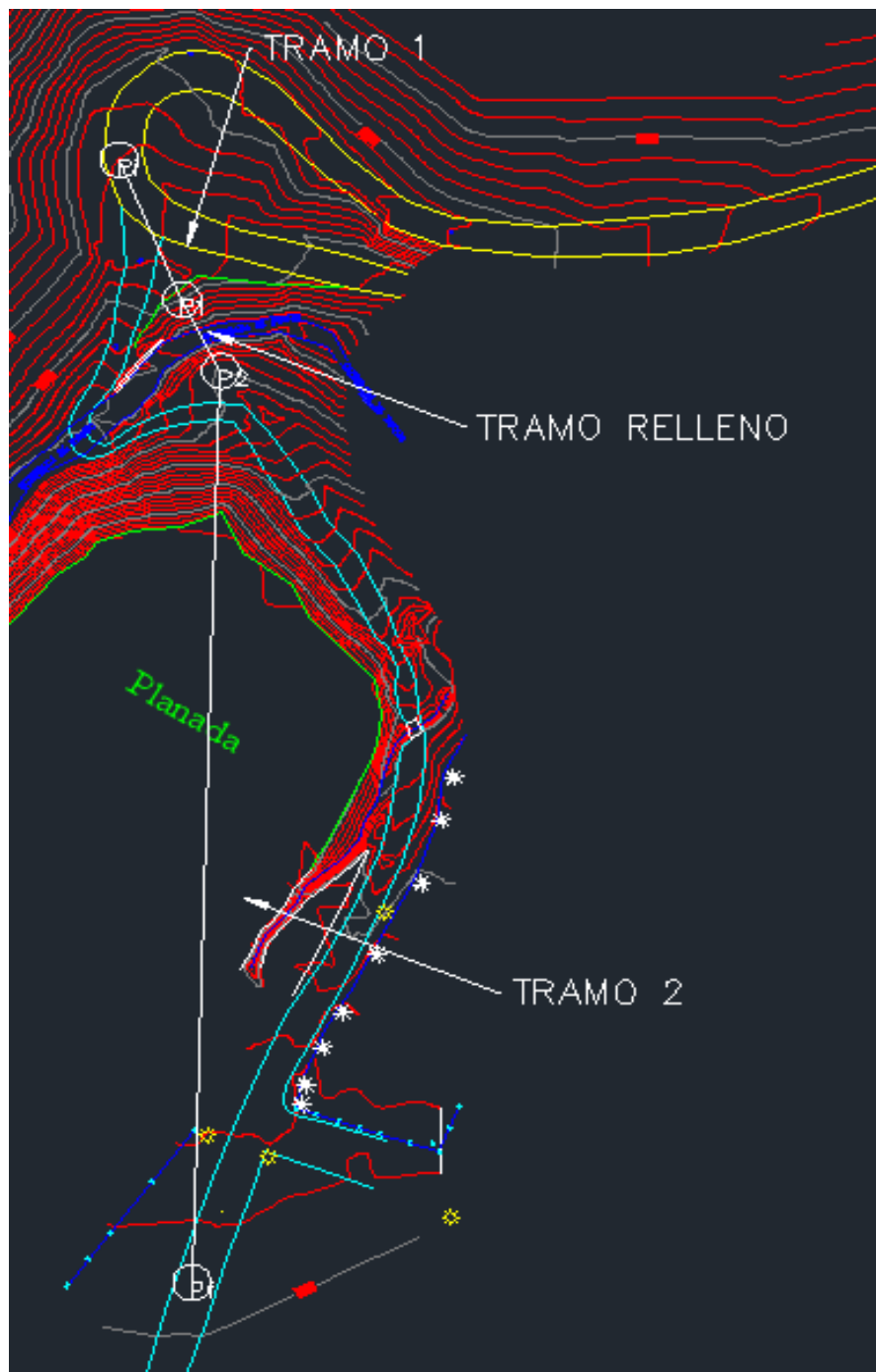


Figura 11 Tramos entre puntos de paso

Mediante las ecuaciones 6, 7, 8 y 9 se realiza el cálculo de la gradiente promedio y la equidistancia para los 3 tramos de vía. En la Tabla 13 se presenta los resultados del cálculo. El cálculo de la equidistancia "L" es fundamental para el diseño de la línea de ceros. Esta es la distancia o radio con la cual se cortan las curvas de nivel y se formara la línea de ceros como se observa en la Figura 12. Cabe recalcar que la línea de ceros es una línea donde no existe ni corte ni relleno, es decir que entre más cerca este la vía a esta línea menor será el movimiento de tierras tanto en corte como en relleno, lo cual reducirá el costo de la misma (Cárdenas Grisales, 2004).

$$\Delta \text{Alturas entre Puntos de Paso} = \text{Cota Punto2} - \text{Cota Punto1} \quad (6)$$

$$\text{Distancia Horizontal entre Puntos de Paso} = \text{Distancia medida en el plano} \quad (7)$$

$$\text{GRADIENTE PROMEDIO} = \frac{\Delta \text{Alturas entre Puntos de Paso}}{\text{Distancia Horizontal entre Puntos de Paso}} \quad (8)$$

$$L = \frac{E \text{ (distancia entre curvas de nivel)}}{\text{Gradiente Promedio}} \quad (9)$$

Tabla 13 Cálculo de gradiente promedio y equidista

CÁLCULO DE GRADIENTE PROMEDIO Y EQUIDISTA L					
Puntos de Paso	Altura m.s.n.m.	Diferencias de Altura	Distancia Horizontal	Gradiente Promedio	L Equidista
Pi	2388				
		3	25,59	-11,72332943	2,182827
P1	2385				
		0	13,5	0	
P2	2385				
		25	153,9	16,24431449	9,474084
P3	2410				

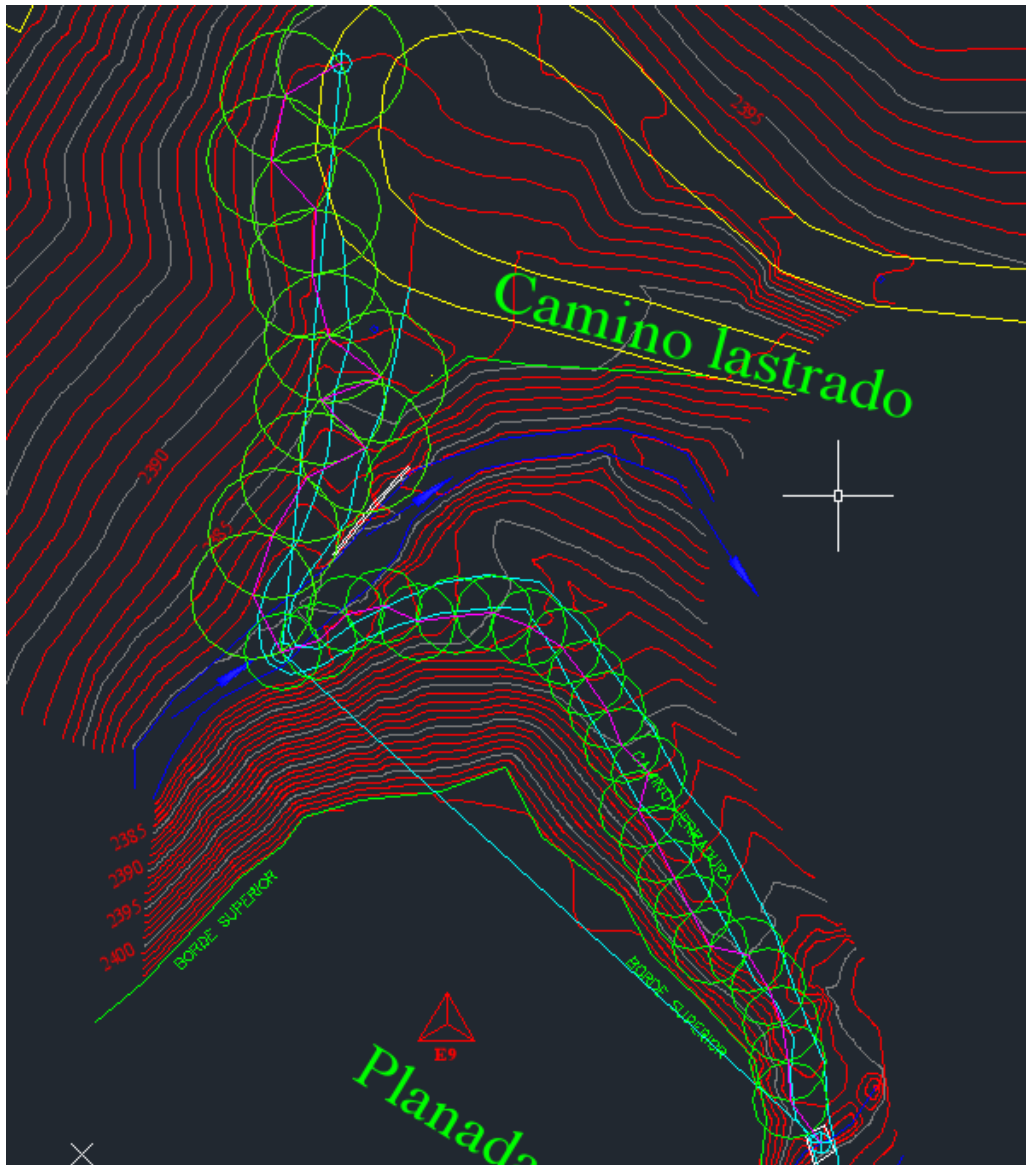


Figura 12 Línea de ceros

Una vez obtenida la línea de ceros, se procede a diseñar las alineaciones, las cuales deben estar lo más cerca posible a la línea de ceros, para reducir los costos del movimiento de tierras. Obtenidas las alineaciones, se procede a dibujar las curvas que unen cada una de estas alineaciones. Para esto se emplean dos curvas circulares. En la Figura 13 se muestra el detalle del tramo de relleno cuyo talud es 1.5 horizontal y 1 vertical de esta manera cumple con las inclinaciones

dadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas. En la Figura 13 se muestra el detalle geométrico de la Y.

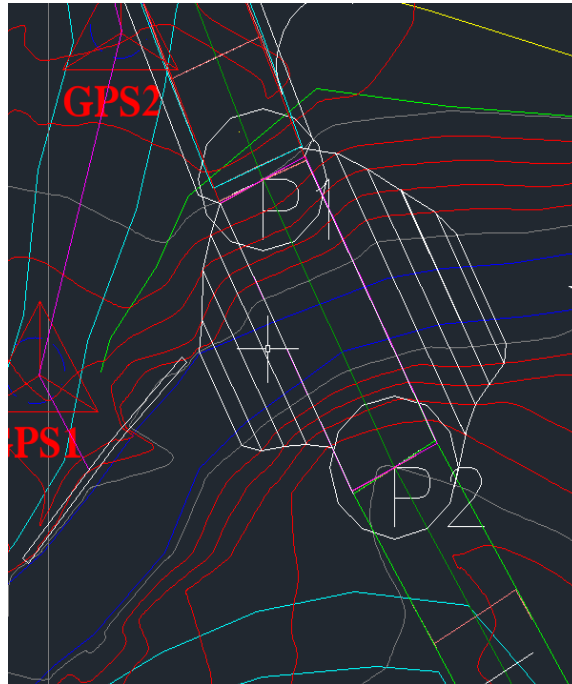


Figura 13 Detalle de relleno del paso

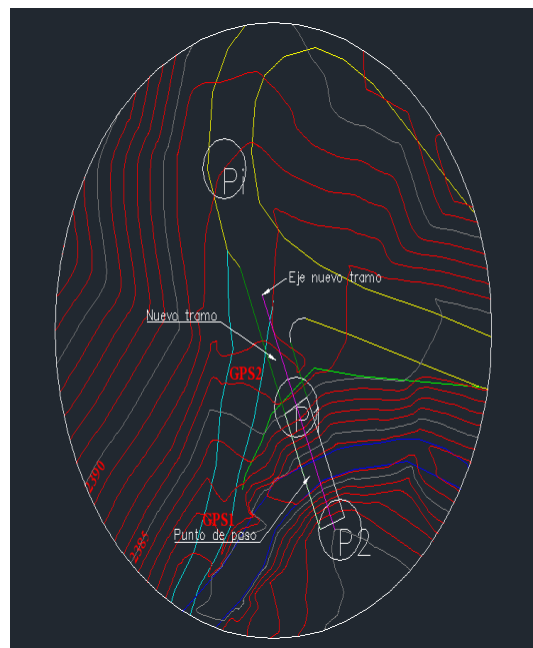


Figura 14 Detalle geométrico de la Y

En la tabla 14 se presenta el resumen del diseño horizontal del tramo 1, tramo de relleno y tramo 2 en la que se presentan longitud, abscisas de inicio y fin y los elementos de las curvas. Se observa que los rumbos de las 3 alineaciones iniciales de cada tramo son diferentes debido a que el diseño geométrico fue realizado en tres tramos independientes. Sin embargo la variación de los rumbos de estas 3 alineaciones es de ± 3 grados y al tratarse del diseño pre-preliminar esta variación es aceptable (Arévalo, 2011).

Tabla 14 Resumen de diseño horizontal pre-preliminar

TRAMO 1										
No.	TIPO	LONGITUD	RADIO	DIRECCIÓN	ESTACIÓN INICIO	ESTACIÓN FINAL	TANGENTE	EXTERNAL	LONGITUD DE CUERDA	ESTACIÓN PI
1	Alineación	25.62m		S24° 47' 54"E	0+000.00m	0+026.62m				
TRAMO RELLENO										
No.	TIPO	LONGITUD	RADIO	DIRECCIÓN	ESTACIÓN INICIO	ESTACIÓN FINAL	TANGENTE	EXTERNAL	LONGITUD DE CUERDA	ESTACIÓN PI
1	Alineación	13.57		S27° 07' 06"E	0+000.00m	0+013.82m				
TRAMO 2										
No.	TIPO	LONGITUD	RADIO	DIRECCIÓN	ESTACIÓN INICIO	ESTACIÓN FINAL	TANGENTE	EXTERNAL	LONGITUD DE CUERDA	ESTACIÓN PI
1	Alineación	45.825m		S30° 49' 52"E	0+000.00m	0+045.82m				
2	Curva	51.092m	50.000m		0+045.82m	0+096.92m	28.028m	7.320m	48.898m	0+073.85m
3	Alineación	23.618m		S27° 42' 56"W	0+096.92m	0+120.53m				
4	Curva	45.703m	229.873m		0+120.53m	0+166.24m	22.927m	1.141m	45.627m	0+143.46m
5	Alineación	46.997m		S16° 19' 28"W	0+166.24m	0+213.23m				

Una vez que se definió el diseño horizontal se procede a realizar el diseño vertical pre-preliminar. El mismo se compone por el tramo 1, tramo de relleno, y tramo 2. En cada tramo se calcula las gradientes longitudinales para cada alineación como se muestra en la Tabla 15. En las Figuras 15, 16 y 17 se presentan el perfil vertical para cada tramo.

Tabla 15 Gradientes longitudinales por tramos

DISEÑO VERTICAL - TRAMOS	
Gradientes Longitudinales	
Tramo 1	
Alineación 1	-12.0%
Tramo Relleno	
Alineación 1	0%
Tramo 2	
Alineación 1	17.0%
Alineación 2	10.8%



Figura 15 Perfil vertical Tramo 1



Figura 16 Perfil vertical Tramo Relleno

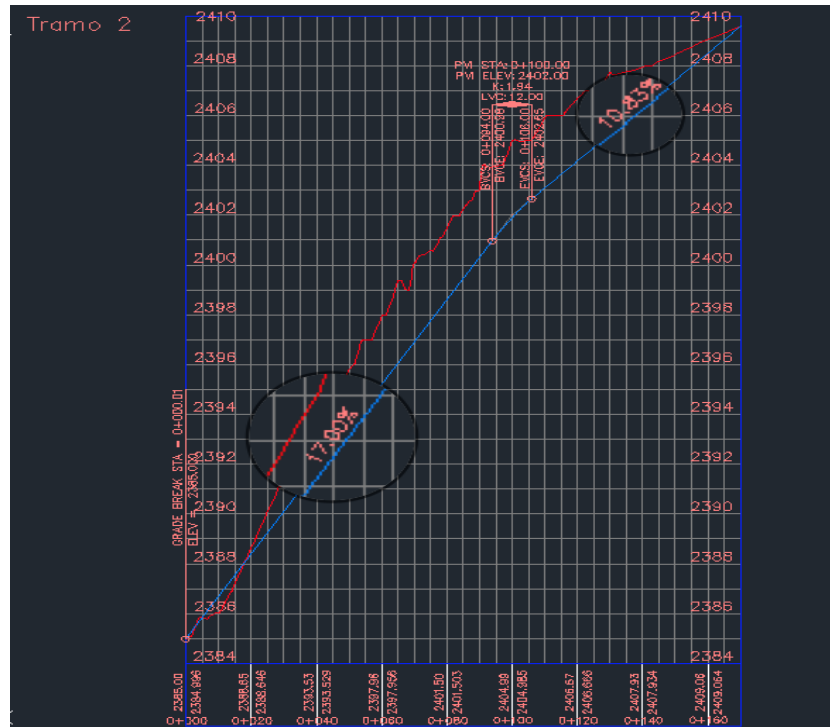


Figura 17 Perfil vertical Tramo 2

Para realizar el cálculo de volúmenes de corte y relleno se define la sección transversal de camino como se muestra en la Figura 18. La sección tiene un ancho de vía de 4 metros y una relación 1H:2V para talud de corte y 1.5H:1V para talud de relleno. A partir de la sección transversal de la vía se elabora los perfiles transversales y se calcula los volúmenes de corte y relleno para cada tramo como se muestra en la tablas 16, 17 y 18.

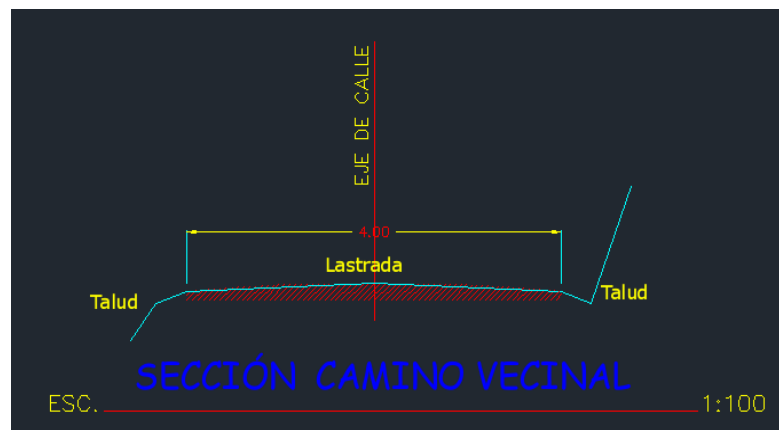


Figura 18 Sección camino vecinal

Tabla 16 Reporte de volumen: Tramo 1

REPORTE DE VOLUMEN: TRAMO 1									
Start Sta: 0+000.000									
End Sta: 0+025.620									
Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+000.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.000	3.47	17.35	17.35	0.00	0.03	17.35	17.35	0.03	17.32
0+020.000	6.93	52.01	52.01	0.00	0.03	69.36	69.36	0.05	69.31
0+025.620	0.00	19.48	19.48	0.00	0.00	88.84	88.84	0.05	88.79

Tabla 17 Reporte de volumen: Tramo Relleno

REPORTE DE VOLUMEN: TRAMO RELLENO									
Start Sta: 0+000.000									
End Sta: 0+013.570									
Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+000.000	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.000	0.00	3.47	3.47	16.07	80.34	3.47	3.47	80.34	-76.87
0+013.570	0.44	0.79	0.79	0.39	29.37	4.27	4.27	109.71	-105.45

Tabla 18 Reporte de volumen: Tramo 2

REPORTE DE VOLUMEN: TRAMO 2									
Start Sta: 0+000.000									
End Sta: 0+170.000									
Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+000.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.000	0.00	0.00	0.00	2.43	12.16	0.00	0.00	12.16	-12.16
0+020.000	3.48	17.38	17.38	0.00	12.16	17.38	17.38	24.33	-6.95
0+030.000	8.82	61.50	61.50	0.03	0.17	78.89	78.89	24.50	54.38
0+040.000	11.66	102.41	102.41	0.00	0.17	181.29	181.29	24.67	156.62
0+045.825	14.20	75.32	75.32	0.00	0.00	256.61	256.61	24.67	231.94
0+050.000	20.89	72.28	72.28	0.00	0.00	328.89	328.89	24.67	304.22
0+060.000	29.14	244.40	244.40	0.00	0.00	573.30	573.30	24.67	548.62
0+070.000	18.10	234.03	234.03	0.04	0.23	807.33	807.33	24.91	782.42
0+071.371	20.90	27.16	27.16	0.00	0.03	834.49	834.49	24.94	809.54
0+080.000	21.51	185.56	185.56	0.00	0.00	1020.05	1020.05	24.94	995.11
0+090.000	20.80	212.00	212.00	0.00	0.03	1232.05	1232.05	24.97	1207.09
0+096.917	21.59	145.89	145.89	0.00	0.02	1377.94	1377.94	24.98	1352.96
0+100.000	22.30	67.67	67.67	0.00	0.00	1445.62	1445.62	24.98	1420.63
0+110.000	18.83	205.67	205.67	0.00	0.04	1651.29	1651.29	25.02	1626.27
0+120.000	16.13	174.83	174.83	0.00	0.04	1826.12	1826.12	25.06	1801.06
0+120.534	16.04	8.60	8.60	0.00	0.00	1834.71	1834.71	25.06	1809.66
0+130.000	15.54	149.27	149.27	0.00	0.00	1983.99	1983.99	25.06	1958.93
0+140.000	9.64	125.71	125.71	0.00	0.00	2109.70	2109.70	25.06	2084.64
0+143.386	8.19	30.17	30.17	0.00	0.00	2139.87	2139.87	25.06	2114.81
0+150.000	6.54	48.67	48.67	0.00	0.00	2188.54	2188.54	25.06	2163.48
0+160.000	3.98	52.52	52.52	0.00	0.00	2241.06	2241.06	25.06	2216.00
0+166.237	2.18	19.20	19.20	0.00	0.00	2260.26	2260.26	25.06	2235.20
0+170.000	1.17	6.31	6.31	0.00	0.00	2266.57	2266.57	25.06	2241.51

En la Tabla 19 a partir del reporte de volúmenes para cada tramo se presenta un resumen del diseño vertical pre-preliminar en el que se indica el corte o volumen neto de cada tramo analizado. Se observa que existe un corte neto de 2225 metros cúbicos.

Tabla 19 Resumen del diseño vertical pre-preliminar

RESUMEN DISEÑO VERTICAL PRE-PRELIMINAR			
	Longitud m	Corte m ³	Relleno m ³
TRAMO 1	25.62	88.79	
TRAMO RELLENO	13.57		-105.45
TRAMO 2	170.0	2241.51	

2.4.2 Caracterización del cruce de la quebrada.

La caracterización del cruce de la quebrada El Pogyo se realiza para determinar las posibles alternativas que se pueden diseñar. A continuación en las Figuras 19 y 20 se muestra la caracterización grafica del cruce de la quebrada. En la Tabla 20 se presenta el cuadro resumen de la caracterización del cruce de la quebrada El Pogyo que indica la distancia entre puntos y altura desde el nivel de la mesa hasta rasante de diseño.

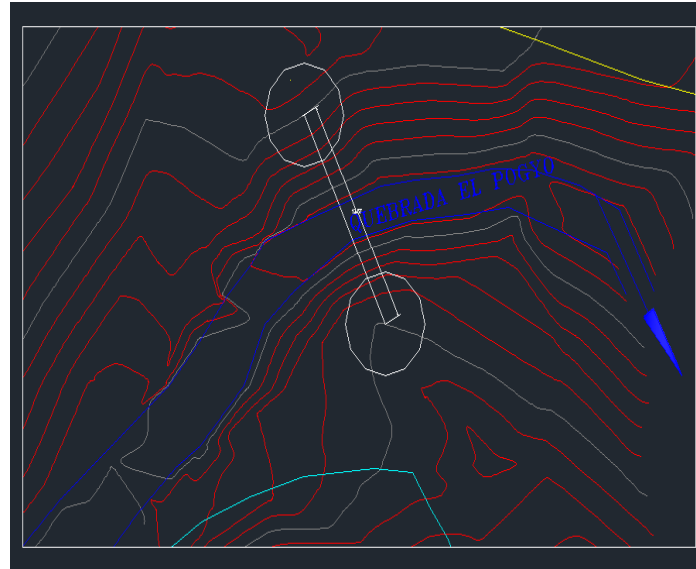


Figura 19 Longitud del paso de la quebrada El Pogyo

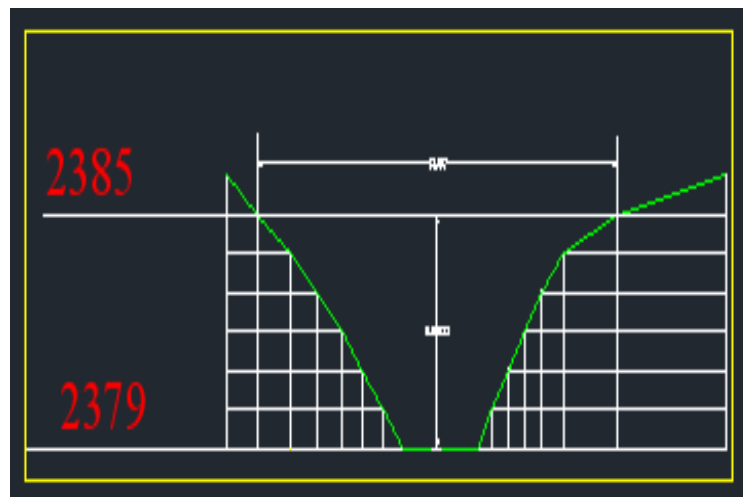


Figura 20 Perfil transversal de la quebrada El Pogyo

Tabla 20 Caracterización del cruce de la Quebrada El Pogyo

CARACTERIZACIÓN DEL CRUCE DE LA QUEBRADA EL POGYO	
DISTANCIA P1-P2	13.57 m
H	6.00 m

2.5 Diseño preliminar

La fase de diseño preliminar implica el desarrollo de la ingeniería de diseño y evaluación en conjunto con diversas disciplinas funcionales que incluyen, levantamientos topográficos, estudio medio ambiente, diseño vial, diseño hidráulico, diseño geotécnico, diseño estructural y la construcción. En esta etapa los datos recopilados y los estudios deben ser más exhaustivos debido a que en este punto se determina si el proyecto es o no viable. En esta fase normalmente se basa en el análisis de información disponible (Salgado).

2.5.1 Diseño vial horizontal y vertical preliminar

A partir del cálculo de la línea de ceros realizada en el diseño geométrico pre-preliminar que se muestra en la Figura 12 se determinó que la vía debe ser diseñada a lo largo del camino de herradura existente. Para realizar el diseño geométrico preliminar se define nuevamente el punto de paso 1 y el punto de paso 2 como se muestra en la Figura 21. En la Tabla 21 se definen las cotas de los puntos de paso. Una vez definidas las cotas de los puntos de paso se procede a realizar el diseño geométrico horizontal preliminar que se presenta en la tabla 22.

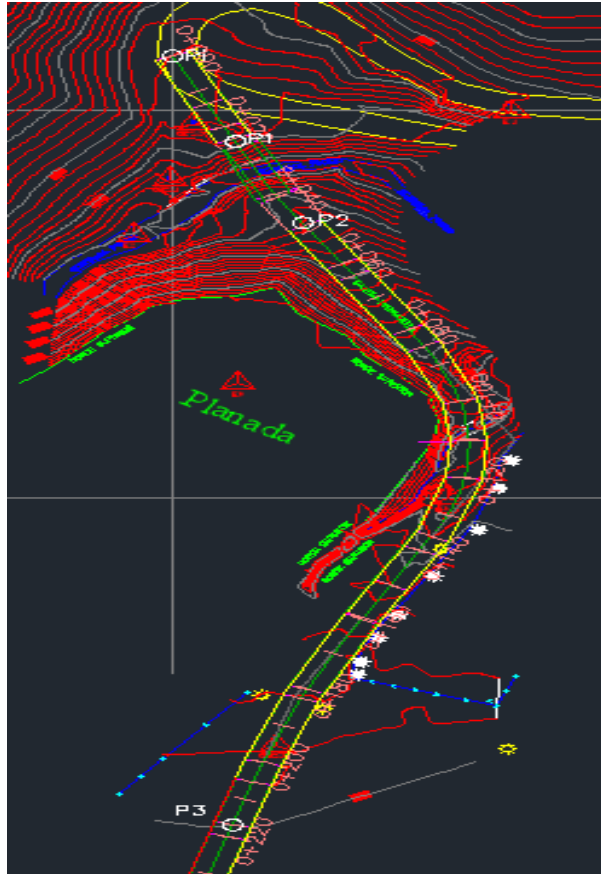


Figura 21 Puntos de paso diseño preliminar

Tabla 21 Cotas de puntos de paso diseño preliminar

Punto	Cota m.s.n.m.
Pi	2388
P1	2386
P2	2386
Pf	2410

Tabla 22 Diseño geométrico horizontal preliminar

DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL PRELIMINAR											
No.	TIPO	LONGITUD	RADIO	DIRECCIÓN	ESTACIÓN INICIO	ESTACIÓN FINAL	ÁNGULO	MID-ORDINATE	EXTERNALE TANGENT	EXTERNALE SECANT	ESTACIÓN PI
1	Alineación	25.492m		S26° 21' 52"E	0+000.00m	0+025.49m					
2	Alineación	13.604m		S26° 21' 19"E	0+025.49m	0+039.10m					
3	Alineación	45.798m		S26° 18' 59"E	0+039.10m	0+084.89m					
4	Curva	51.057m	50.00m		0+084.89m	0+135.95m	58.5068 (d)	6.377	28.005m	7.309m	0+112.90m
5	Alineación	23.628m		S27° 42' 56"W	0+135.95m	0+159.58m					
6	Curva	45.728m	230.00m		0+159.58m	0+205.31m	11.3914 (d)	1.135	22.940m	1.141m	0+182.52m
7	Alineación	46.984m		S16° 19' 28"W	0+205.31m	0+216.74m					

Como se observa en la Tabla 22 las nuevas cotas de los puntos de paso 1 y 2 permiten un mejor diseño horizontal. Con el diseño horizontal preliminar finalizado se realiza el diseño vertical preliminar. En este punto es importante tratar el tema de las cunetas longitudinales que se definen como canales en forma de V o cajón que se construyen en ambos lados de la carretera con el fin de recolectar y drenar el agua que escurre de la vía, en el presente proyecto se han diseñado las cunetas longitudinales a partir del perfil transversal presentado en la Figura 9. Sin embargo no es necesario realizar un análisis más profundo porque la longitud de las cunetas es mínima (Guamán Loja, 2014). En lo que se refiere a obras de arte menor se recomienda construir canales a continuación de las cunetas para que drenen el agua hasta la quebrada. En la Figura 22 se presenta el diseño del perfil vertical de la vía de donde se procede a calcular las gradientes longitudinales de las alineaciones verticales que se indica en la Tabla 23.

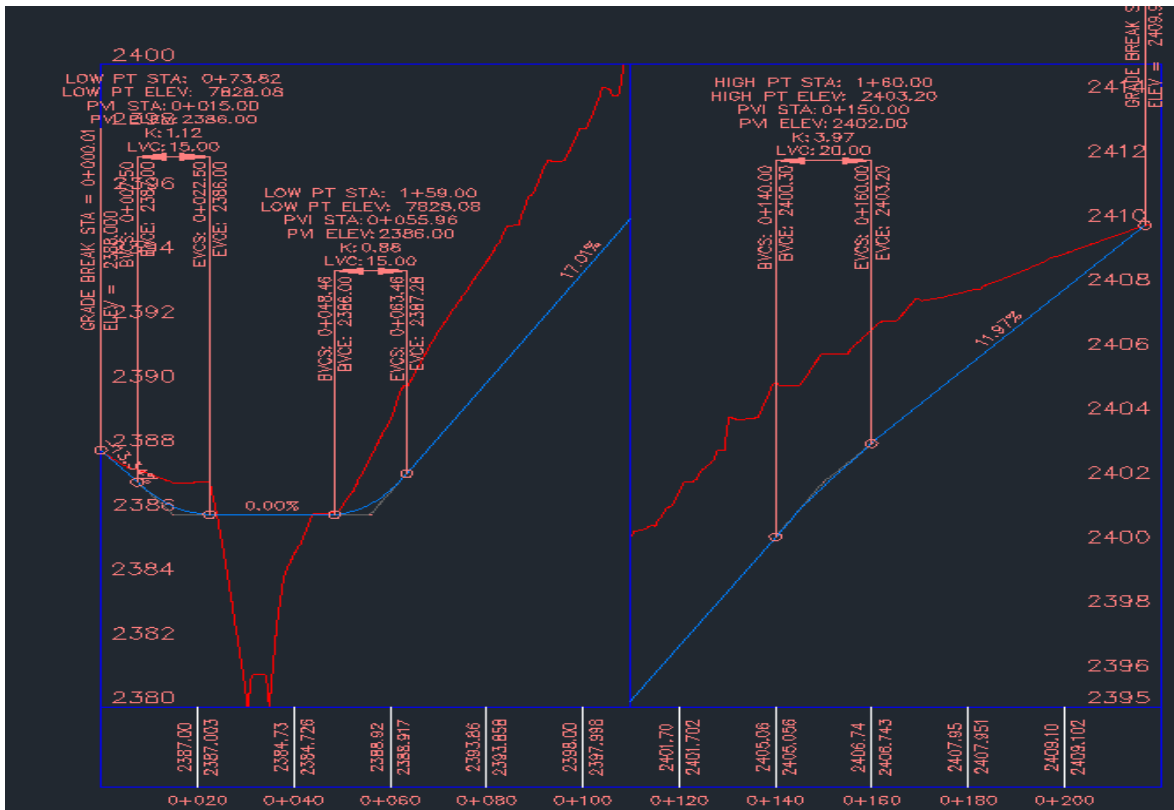


Figura 22 Perfil vertical diseño preliminar

Tabla 23 Gradientes longitudinales del perfil vertical del diseño preliminar

DISEÑO VERTICAL - GRADIENTES LONGITUDINALES	
Estación Inicial: 0+000.000	
Estación Final: 0+216.74	
Alineación 1	-13,30%
Alineación 2	0,00%
Alineación 3	17,00%
Alineación 4	12,00%

A partir de los perfiles verticales de la vía, desde el punto inicial que se encuentra en abscisa 0+000.00 hasta el punto final que se encuentra en la abscisa 0+216.740 se elabora un reporte de volúmenes detallado en la Tabla 24. Para concluir con el diseño geométrico vertical se realiza el diagrama de masas

que representa la variación del volumen neto total en función de la distancia como se muestra en la Figura 23. En el Anexo B se encuentra el diseño geométrico preliminar.

Tabla 23 Reporte de volúmenes diseño preliminar

REPORTE DE VOLUMEN									
Start Sta: 0+000.000									
End Sta: 0+216.700									
Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+000.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.000	10.74	107.41	107.41	0.00	0.00	107.41	107.41	0.00	107.41
0+025.330	0.00	28.62	28.62	3.88	10.34	136.04	136.04	10.34	125.70
0+039.180	0.00	0.00	0.00	8.25	84.01	136.04	136.04	94.35	41.69
0+040.000	0.00	0.00	0.00	6.88	5.78	136.04	136.04	100.13	35.91
0+060.000	22.35	223.46	223.46	0.00	68.76	359.50	359.50	168.89	190.61
0+080.000	40.90	632.47	632.47	0.00	0.00	991.97	991.97	168.89	823.08
0+085.612	45.62	242.79	242.79	0.00	0.00	1234.76	1234.76	168.89	1065.87
0+100.000	64.35	778.62	778.62	0.00	0.00	2013.38	2013.38	168.89	1844.49
0+110.476	58.41	639.21	639.21	0.00	0.00	2652.59	2652.59	168.89	2483.70
0+120.000	52.18	532.74	532.74	0.00	0.00	3185.33	3185.33	168.89	3016.44
0+135.339	52.86	812.55	812.55	0.00	0.00	3997.89	3997.89	168.89	3829.00
0+140.000	50.97	242.00	242.00	0.00	0.00	4239.88	4239.88	168.89	4070.99
0+159.834	33.90	841.68	841.68	0.00	0.00	5081.56	5081.56	168.89	4912.67
0+160.000	33.85	5.61	5.61	0.00	0.00	5087.18	5087.18	168.89	4918.29
0+180.000	22.30	560.96	560.96	0.00	0.00	5648.13	5648.13	168.89	5479.24
0+182.698	20.54	57.79	57.79	0.00	0.00	5705.93	5705.93	168.89	5537.04
0+200.000	12.79	288.11	288.11	0.00	0.00	5994.04	5994.04	168.89	5825.15
0+205.562	10.02	63.37	63.37	0.00	0.00	6057.41	6057.41	168.89	5888.52
0+216.700	4.94	83.31	83.31	0.00	0.00	6140.72	6140.72	168.89	5971.83

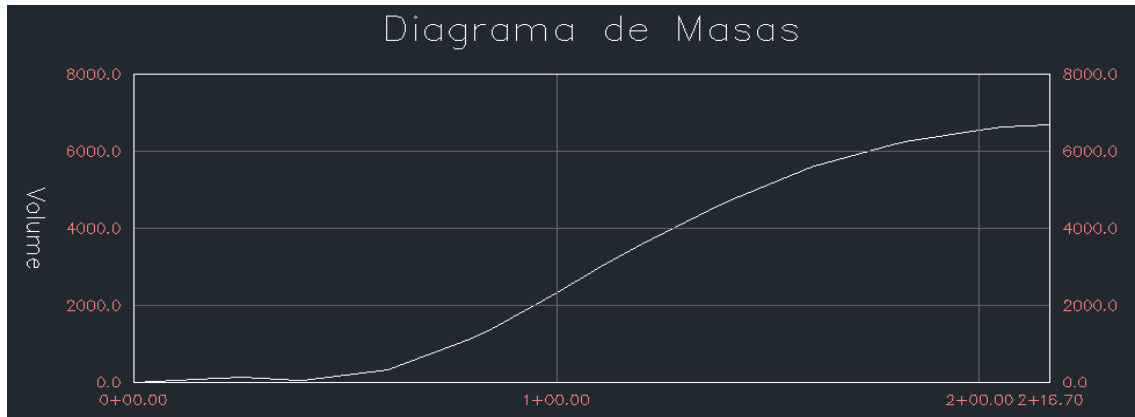


Figura 23 Diagramas de masas diseño preliminar

2.5.2 Análisis de alternativas de cruce.

En la presente sección se podrece al análisis de 2 alternativas posibles Figura 2.20 para el paso de la quebrada El Pogyo. La primera alternativa un puente y la segunda una alcantarilla, la decisión final depende netamente del factor económico.

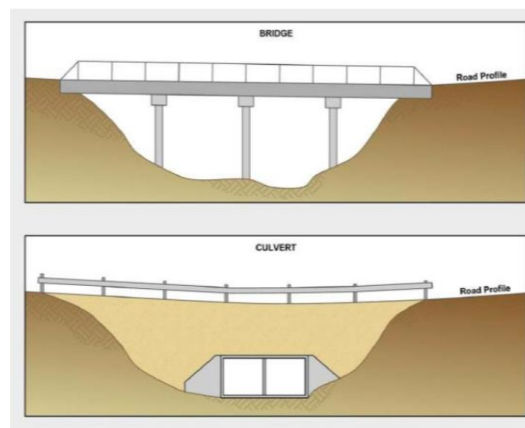


Figura 24 Alternativas de paso
Fuente Anónima

2.5.2.1 Alternativa puente

Un puente es una estructura construida para atravesar obstáculos físicos como ríos, caminos etc. que se construye con el fin de proporcionar un paso por

encima del obstáculo. Hay muchos diseños diferentes que sirven para un propósito particular y se aplican a diferentes situaciones. El diseño de puentes varía dependiendo de la función del puente, la naturaleza del terreno en el que el puente está construido, el material utilizado, y los fondos disponibles para su construcción. (Kutz, 2014)

2.5.2.1.1 Dimensionamiento del puente

El puente presentado a continuación es un puente diseñado para un paso de similares características y se adapta al paso de la quebrada El Pogyo. Cabe recalcar que el puente fue diseñado en 2014 por una empresa de diseño para la minera Ecuacorriente y se ubica en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón el Pangui en la vía Tundayme-Campamento Mirador. El dimensionamiento del puente sobre el río Tundayme se presenta en la Figura 25.

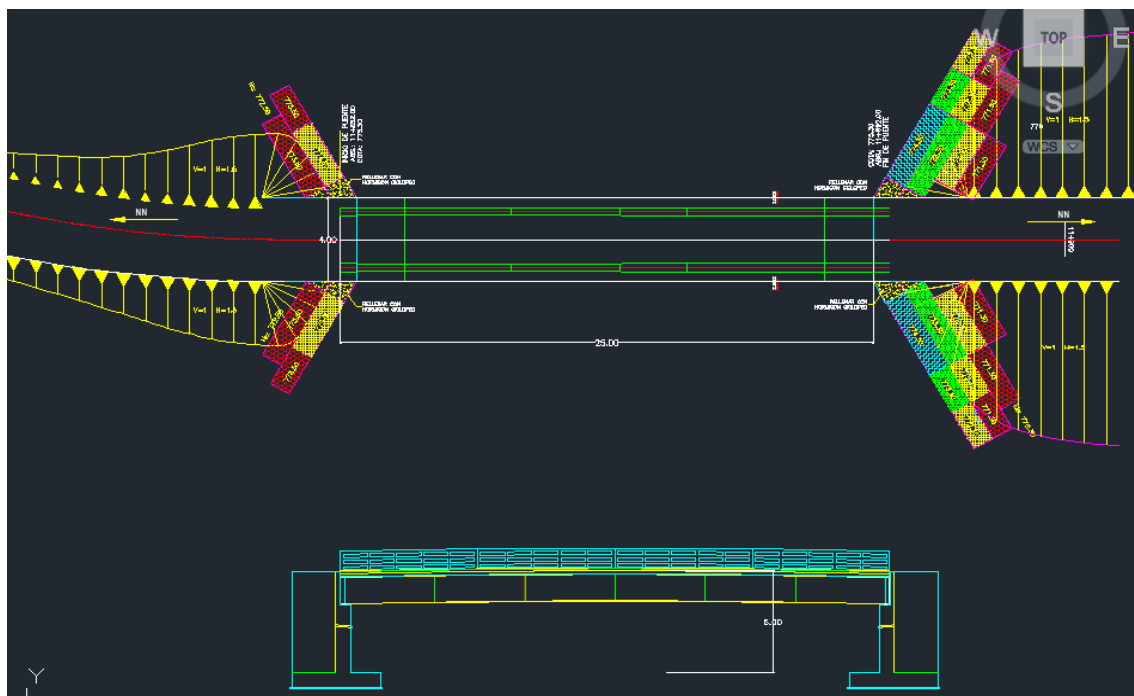


Figura 25 Dimensionamiento del puente sobre el río Tundayme
Fuente Ecuacorriente

2.5.2.1.2 Presupuesto del puente

A partir del presupuesto realizado por el diseñador en la tabla 25 se realiza un presupuesto aproximado del costo que supondría la construcción de un puente compuesto por dos vigas de acero y tablero de hormigón armado con una luz de 25 metros y un ancho de 4 metros como el mostrado en la figura 25 para de esta manera tener una referencia del costo que podría tener el puente sobre la quebrada El Pogyo.

Tabla 24 Presupuesto aproximado del puente sobre el río Tundayme

4.0	OBRAS ESPECIALES - PUENTE SOBRE EL RÍO TUNDAYME				
4.1	Subestructura		Cantidad	Precio Unitario	
	Excavación y relleno para puentes	m3	258,00	8,37	2.159,46
	Hormigón estructural de cemento Portland Clase B - ($f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ - Sub-estructura)	m3	203,63	309,59	63.040,26
4.2	Acero de refuerzo en barras - ($f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$)	kg	19.909,00	2,00	39.818,00
				Subtotal	105.017,72
4.2	Superestructura		Cantidad	Precio Unitario	
	Capa de rodadura de Hormigón asfáltico mezclado en planta de 5 cm de espesor	m2	225,06	15,19	3.418,70
	Hormigón estructural de cemento portland clase B - ($f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ - Super-estructura)	m3	70,88	309,54	21.938,65
	Acero de refuerzo en barras - ($f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$)	kg	9.394,88	2,00	18.789,75
	Suministro, fabricación y montaje de acero estructural - (ASTM A-36)	kg	3.843,06	2,50	9.607,66
	Suministro de acero estructural - (ASTM A-588)	kg	35.270,50	3,36	118.508,88
	Fabricación de acero estructural - (ASTM A-588)	kg	35.270,50	2,20	77.595,10
	Montaje de acero estructural - (ASTM A-588)	kg	35.270,50	0,85	29.979,93
	Limpieza y pintura del acero estructural	kg	39.113,56	0,18	7.040,44
				Subtotal	286.879,11
				Total	391.896,83

2.5.2.2 Alternativa Alcantarilla

Las alcantarillas son comúnmente utilizadas como drenaje transversal para el paso de agua debajo de una carretera en los cruces de drenaje y corriente natural. La alcantarilla puede ser una estructura en forma de puente diseñado para permitir el paso de vehículos o peatones sobre el cruce de agua, mientras que permite el paso adecuado del agua. Las alcantarillas pueden ser diseñadas

en distintos tamaños y formas. La selección del tipo y la forma de la alcantarilla se basa en factores hidráulicos como el caudal de diseño y factores de diseño vial como la altura del terraplén (Taylor, 2010)

2.5.2.2.1 Dimensionamiento de la alcantarilla

Para realizar el dimensionamiento de la alcantarilla se requiere los caudales del diseño que se calculó en la sección 2.2.4 que se vuelven a presentar a continuación, los caudales diseño 1, 2 y 3 son producto áreas definidas en la Tabla 2.5.

$$Q_1 = \frac{CIA}{360} = 19,647 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q_2 = \frac{CIA}{360} = 15,838 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q_3 = \frac{CIA}{360} = 35,4858 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

El caudal con él se debería realizar el dimensionamiento es el caudal 3 debido a que su cuenca comprende el área de la zona agrícola más el área de la zona urbana. Sin embargo a continuación se presenta una solución ingenieril con la cual se busca la optimización económica del proyecto.

El caudal 1 es producto del alcantarillado pluvial de zona urbana de la comuna de Lumbisí y es considerado debido a que su línea de descarga se sitúa en la zona del proyecto como se muestra en la Figura 26. En el presente diseño

se propone un cambio en la línea descarga del alcantarillo como se indica en la Figura 27 con el propósito de que el caudal de diseño sea el caudal 2.

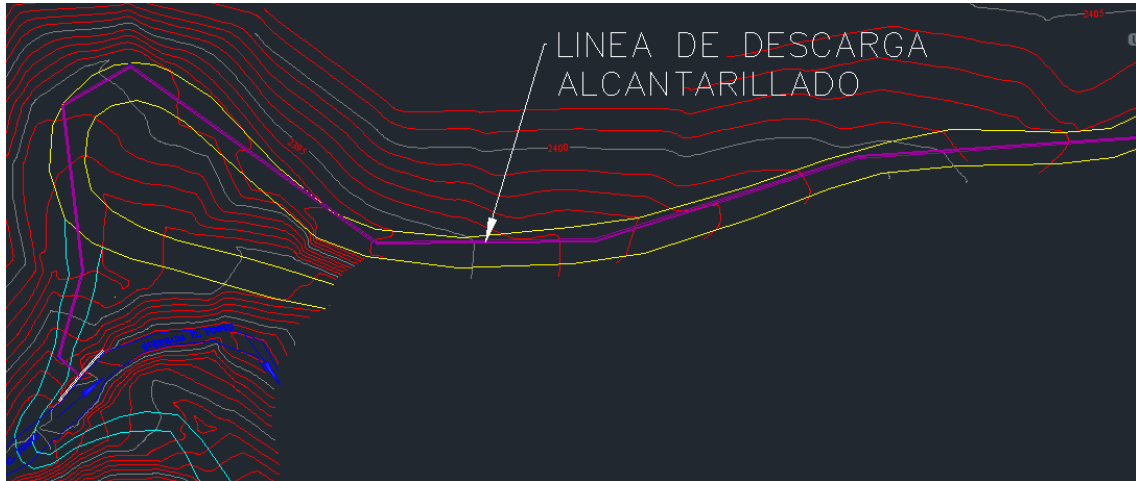


Figura 26 Línea de descarga alcantarillado zona urbana comuna de Lumbisí

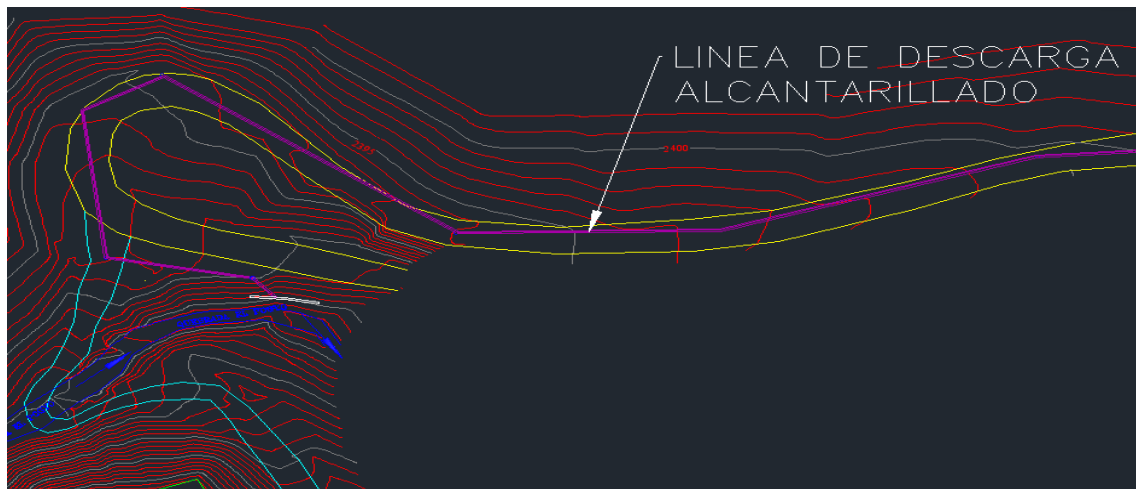


Figura 27 Propuesta para nueva línea de descarga alcantarillado zona urbana comuna de Lumbisí

Para realizar el diseño de la tubería se utiliza el programa Flowmaster y se toma en cuenta las siguientes consideraciones para el dimensionamiento de la tubería. La pendiente de la tubería será del 2%. El coeficiente de Manning es de 0,013 para tuberías de acero. El porcentaje máximo que se va a llenar la tubería variará entre el 75 al 81 por ciento cuando existe el mayor caudal.

Con $Q_2 = 15,838 \text{ m}^3/\text{seg.}$ se obtiene el diseño de la tubería que se indica en la Tabla 26 y en la Figura 28 se muestra el diámetro de la tubería y la máxima altura del nivel de agua cuando exista el máximo caudal.

Tabla 25 Diseño de tubería Flowmaster

Section Data		
Mannings Coefficient	0,013	
Slope	0,020000	m/m
Depth	1,44	m
Diameter	1.800	mm
Discharge	15,8380	m ³ /s

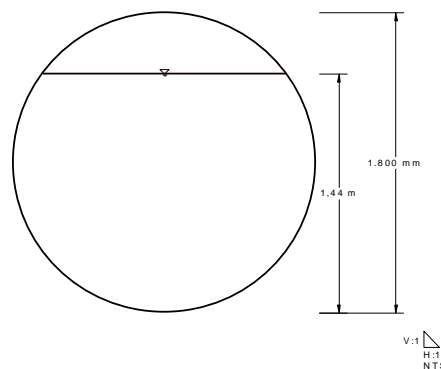


Figura 28 Dimensionamiento de tubería

Se define el perfil transversal de la quebrada como se muestra la figura 29 y se determina que tiene una altura de siete metros hasta el nivel de la rasante de diseño. A partir de las normas de diseño del manual de Ministerio de Transporte y Obras Publicas mostradas en las Figuras 30, 31 y 32 se realiza el diseño de la alcantarilla. En la figura 34 y 35 se muestra el dimensionamiento de alcantarilla diseñada.

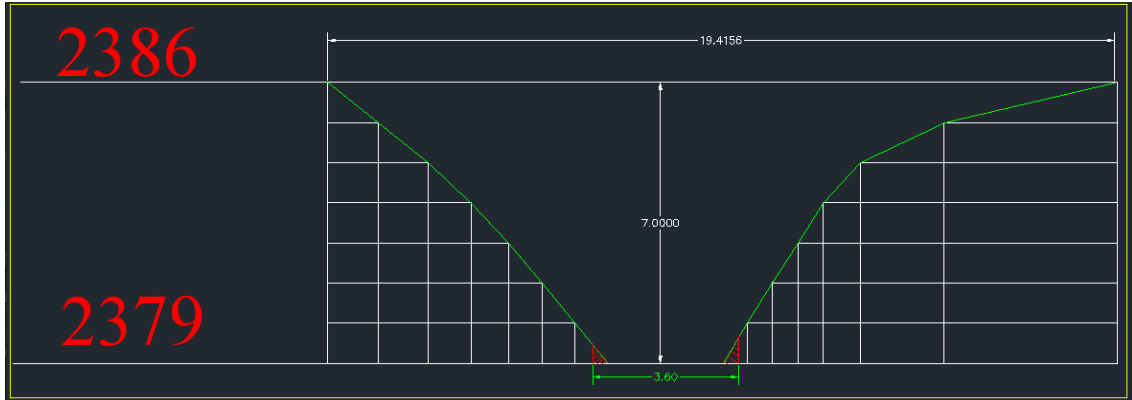


Figura 29 Perfil transversal de la quebrada El Pogyo

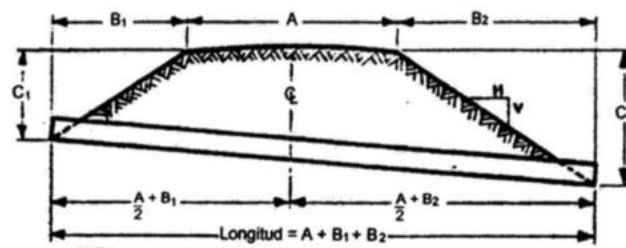
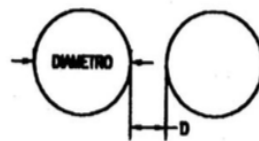


FIGURA IX.26 LONGITUD DE LA ALCANTARILLA

Figura 30 Longitud de alcantarilla

Fuente: Normas de diseño del Ministerio de Transporte y Obras Públicas



DIAMETRO	ESPACIAMIENTO MINIMO ENTRE TUBOS - D
HASTA 0.60 M (24")	0.30 M
0.60 A 1.80 M (24"-77")	LA MITAD DEL DIAMETRO DEL TUBO
1.80 A 4.60 M (72"-180")	0.90 M

Figura 31 Espaciamientos mínimos permisibles para instalaciones múltiples

Fuente: Normas de diseño del Ministerio de Transporte y Obras Públicas

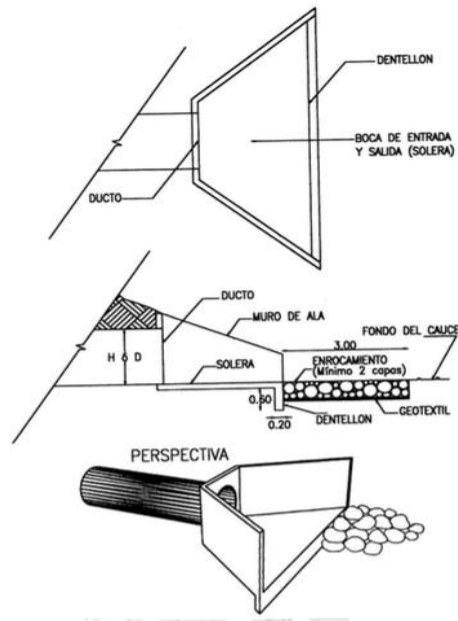


FIGURA IX.30 DETALLES DE PROTECCION DE UNA ALCANTARILLA

Figura 32 Detalles de protección de una alcantarilla

Fuente: Normas de diseño del Ministerio de Transporte y Obras Públicas

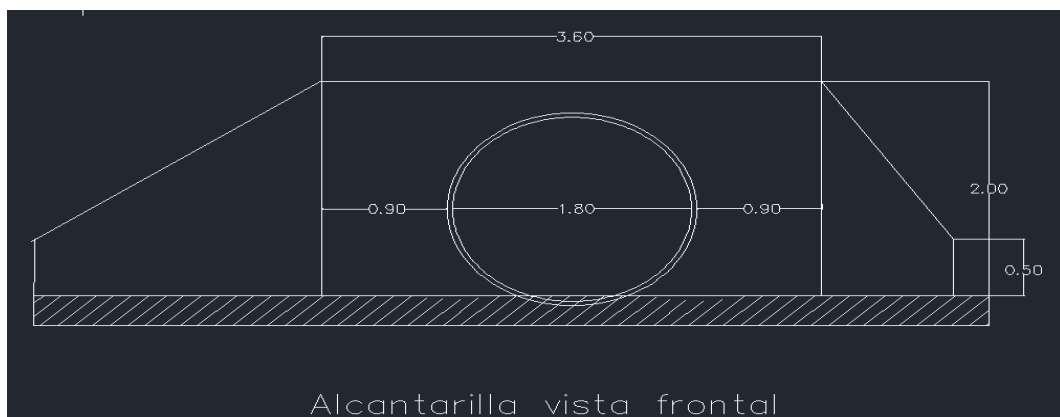


Figura 33 Dimensionamiento alcantarilla vista frontal

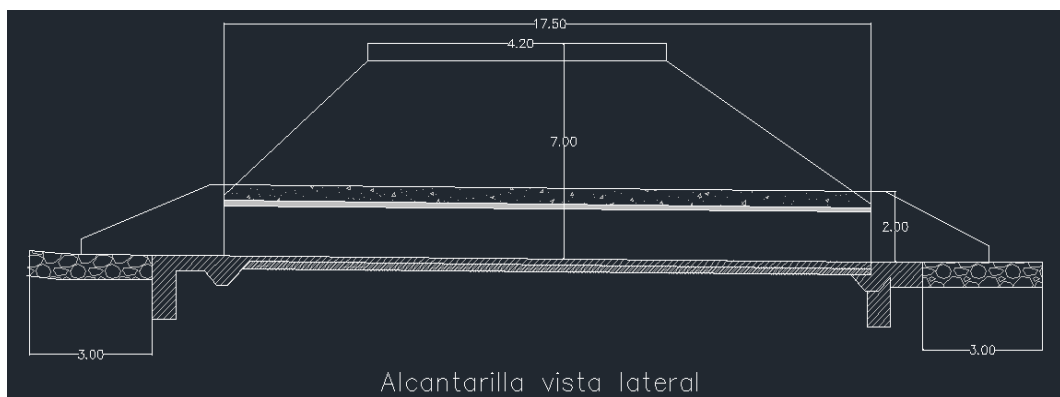


Figura 34 Dimensionamiento alcantarilla vista lateral

2.4.5.2.2 Presupuesto de la alcantarilla

En la tabla 27 se presenta un presupuesto aproximado de la alcantarilla a partir del cálculo de volúmenes elaborado del dimensionamiento de la sección 2.4.5.2.1 cuyo valor es de 15.403,64 dólares americanos.

Tabla 26 Presupuesto aproximado de alcantarilla

1.0	DRENAJE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	SUBTOTAL (USD)
1.2	Alcantarilla Metálica y de Hormigon Tipo Cajón				
	Excavación y relleno para estructuras	m3	682,50	8,37	5.712,53
	Transporte de material de excavación (transporte libre 500 m)	m3.km	682,50	0,35	238,88
	Material de Mejoramiento para la cimentación de la alcantarilla	m3	10,50	8,70	91,35
	Escollera de piedra suelta	m3	19,08	5,69	108,57
	Tubería de Acero Corrugado (Tipo MP-100; D= 1,80 m, e=2,0 mm)	m	17,50	199,10	3.484,25
	Hormigón de cemento Portland clase E - (f'c= 180 kg/cm ²)	m3	4,97	204,54	1.016,56
	Hormigón estructural de cemento portland clase B - (f'c= 240 kg/cm ²)	m3	9,34	264,54	2.470,80
	Acero de refuerzo en barras - (fy=4200 kg/cm ²)	kg	560,64	2,00	1.121,28
	Geotextil para subdren - (Tipo 1800 NT o similar)	m2	63,60	1,89	120,20
	Material Filtrante - (Clase 1 / Tipo A)	m3	63,60	16,34	1.039,22
				TOTAL (USD)	15.403,64

2.4.5.2.2 Selección de alternativas

La alternativa que se elige para el diseño del paso vehicular de la quebrada El Pogyo, es la alcantarilla debido a que el costo aproximado de construcción es de 15.403,64 dólares americanos frente a el costo de 391,896.83 dólares americanos que tendría el puente sobre el rio Tundayme que tiene similares características a las de la quebrada El Pogyo.

2.5.3 Presupuesto Preliminar

A partir del diseño geométrico vial preliminar y del diseño de la alcantarilla en la Tabla 28 se presenta un presupuesto preliminar del paso vehicular de la quebrada El Pogyo ubicado en la comuna de Lumbisí.

Tabla 27 Presupuesto preliminar del paso vehicular de la quebrada El Pogoyo

Proyecto	Diseño preliminar del paso vehicular de la quebrada El Pogoyo					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	SUBTOTAL (USD)	TOTAL (USD)
1.0	OBRA BÁSICA y CONFORMACIÓN DE VIA					12.506,07
1.1	Obra Basica					12.506,07
	Desbroce, desbosque y limpieza	ha	0,50	14,50	7,30	
	Excavación en corte	m3	6.680,00	1,80	12.024,00	
	Excavación en relleno	m3	263,76	1,80	474,77	
2.0	CALZADA					4.800,00
2.1	Estructura de Pavimento					4.800,00
	Conformación de la subrasante	m2	800,00	6,00	4.800,00	
3.0	DRENAJE					15.403,6
3.1	Alcantarilla Metálica y de Hormigon Tipo Cajón					15.403,6
	Excavación y relleno para estructuras	m3	682,50	8,37	5.712,50	
	Transporte de material de excavación (transporte libre 500 m)	m3.km	682,50	0,35	238,88	
	Material de Mejoramiento para la cimentación de la alcantarilla	m3	10,50	8,70	91,35	
	Escollera de piedra suelta	m3	19,08	5,69	108,57	
	Tubería de Acero Corrugado (Tipo MP-100; D= 1,80 m, e=2,0 mm)	m	17,50	199,10	3.484,20	
	Hormigón de cemento Portland clase E - (f'c= 180 kg/cm2)	m3	4,97	204,54	1.016,50	
	Hormigón estructural de cemento portland clase B - (f'c= 240 kg/cm2)	m3	9,34	264,54	2.470,80	
	Acero de refuerzo en barras - (fy=4200 kg/cm2)	kg	560,64	2,00	1.121,20	
	Geotextil para subdren - (Tipo 1800 NT o similar)	m2	63,60	1,89	120,20	
	Material Filtrante - (Clase 1 / Tipo A)	m3	63,60	16,34	1.039,20	
ITEM	COSTO DIRECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO			SUBTOTAL (USD)	TOTAL (USD)	
1.0	OBRA BÁSICA y CONFORMACIÓN DE VIA				12.506	
1.1	Obra Basica			12.506		
2.0	CALZADA				4.800	
3.1	Estructura de Pavimento			4.800		
3.0	DRENAJE				15.404	
3.1	Alcantarilla Metálica y de Hormigon Tipo Cajón			15.403,64		
	COSTO DIRECTO DE CONSTRUCCIÓN			32.710	USD	
	Costo Directo Real =			33.710	USD	
ITEM	PRESUPUESTO REFERENCIAL DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO			TOTAL (USD)	(%)	
1	Costo de Construcción =			32.710		
2	Cálculo y diseño =			-	0,0%	
4	COSTO DIRECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO =			32.710		
5	Costos indirectos de fabricación (CIF)=			2.780,35	8,5%	
6	Utilidad del proyecto=			-	0,0%	
7	COSTO TOTAL REAL DEL PROYECTO=			35.490,35		

CAPÍTULO III

3.1 Resultados

En la siguiente sección se presenta el resumen de resultados de las características principales del diseño preliminar del paso vehicular de la quebrada el Pogyo, Lumbisí. En la Tabla 29 se presenta los resultados que rigen en el diseño geométrico vial preliminar, horizontal y vertical. En la tabla 30 se muestran los resultados principales del diseño de la alcantarilla como caudal de diseño, diámetro y longitud de la tubería. El presupuesto preliminar de paso vehicular de la quebrada el Pogyo tiene un valor de USD 35,490.35.

Tabla 28 Características viales del diseño vial preliminar

Características Viales del Diseño Preliminar	
Diseño Horizontal	
Longitud	252.550m
Radio máximo curva horizontal	230.000m
Radio mínimo curva horizontal	50.000m
Diseño Vertical	
Gradiente longitudinal máxima	17.0%
Gradiente longitudinal mínima	13.3%
L mínima curva vertical	15
L máxima curva vertical	20

Tabla 29 Características del Diseño de la Alcantarilla

Características del Diseño de la Alcantarilla	
Caudal de diseño	15,838 m ³ /seg
Número de tuberías	1
Diámetro de tubería	1.80 m
Longitud de tubería	17.5 m

3.2 Conclusiones

Para identificar una solución ingenieril válida para el paso de la quebrada El Pogyo se realizó el levantamiento topográfico del área del proyecto, en el que se determinó que según la topografía del terreno la vía a diseñarse correspondía a un camino vecinal, clase V. Para realizar el levantamiento topográfico fue necesario enlazarse a puntos de una topografía previamente levantada. En este punto es importante indicar que puede existir un error de \pm cinco metros debido al nivel de precisión del GPS y altímetro utilizados. Sin embargo, se ubicaron físicamente tres puntos GPS en el área levantada que servirán de anclaje si se realiza una posterior georeferenciación del proyecto mediante un GPS de precisión.

Se tomaron consideraciones de diseño, con las cuales, desde un principio se buscó la adaptación del diseño geométrico horizontal y vertical al camino de herradura que une la zona urbana con la zona agrícola de la comuna de Lumbisí. El diseño geométrico vial fue realizado bajo las normas de diseño geométrico del Ministerio de Transporte y Obras Públicas. El diseño pre-preliminar sirvió de base para realizar la caracterización del cruce de la quebrada El Pogyo y el posterior diseño preliminar.

En el diseño preliminar se analizó la mejor alternativa técnica-económica para el paso de la quebrada El Pogyo. La alternativa elegida fue la alcantarilla, diseñada a partir del caudal de diseño proporcionado por el estudio hidráulico hidrológico. Se concluyó que la solución ingenieril propuesta en el diseño preliminar es la más adecuada en cuanto a la optimización económica del

proyecto, que se demuestra en el presupuesto referencial preliminar.

3.3 Recomendaciones técnicas

Es necesaria una revisión de ingeniería para asegurar un buen funcionamiento de la alcantarilla y evitar efectos no deseados aguas arriba o aguas abajo de la quebrada. Además, Se debe revisar anticipadamente si existen servicios públicos que obstaculicen la construcción de la obra.

Se recomienda realizar un estudio de suelos con la finalidad de poder determinar la resistencia admisible del suelo y con ese resultado realizar el diseño de la base de sustentación donde irá ubicada la alcantarilla con el fin de evitar erosión del cauce. Este estudio también servirá el control de las pendientes en los taludes.

Se recomienda la construcción de cunetas de coronación de hormigón simple en la parte alta del talud con la finalidad de poder evacuar las aguas a un sitio donde no afecte obra.

Finalmente debido a las actuales normas de construcción del Ministerio de Transporte Obras Públicas es necesario realizar un estudio ambiental con la finalidad poder mitigar de alguna de manera el impacto que pueda producirse con la construcción de la obra en la zona.

CAPÍTULO IV

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arévalo, P. (2011). *Notas de Clases de la materia Diseño de Vías 2*. Quito: Universidad de San Francisco de Quito.

Caminosca. (2014). Diseño del puente sobre el río Tundayme

Cárdenas Grisales, J. (2004). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá: ECOC.

Criera. (2016). Plano de levantamiento catastral del DMQ

Cueva Moreno, P. (2002). *Topografía aplicada a la construcción de obras civiles* (pp. 285-297). Loja: EMAR.

DMQ. (2007). Ordenanza De los sistemas de referencia espacial y geolocalización del Distrito Metropolitano de Quito; y las normas para la realización de trabajos del levantamiento topográficos y catastral georeferenciados, para su ingreso al sistema de base de datos cartográficos del Distrito Metropolitano de Quito No. 0225. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Dirección Metropolitana de Planificación Territorial y Servicios Públicos, Quito.

Guaman Loja, M. (2014). *Revisión y cambio al diseño geométrico de la prolongación de la Avenida Simón Bolívar al norte de la Ciudad de Quito*. (Tesis de grado). Universidad San Francisco de Quito, Quito.

Haan, C., Barfield, B., & Hayes, J. (1994). *Design hydrology and sedimentology for small catchments*. San Diego, Calif.: Academic Press.

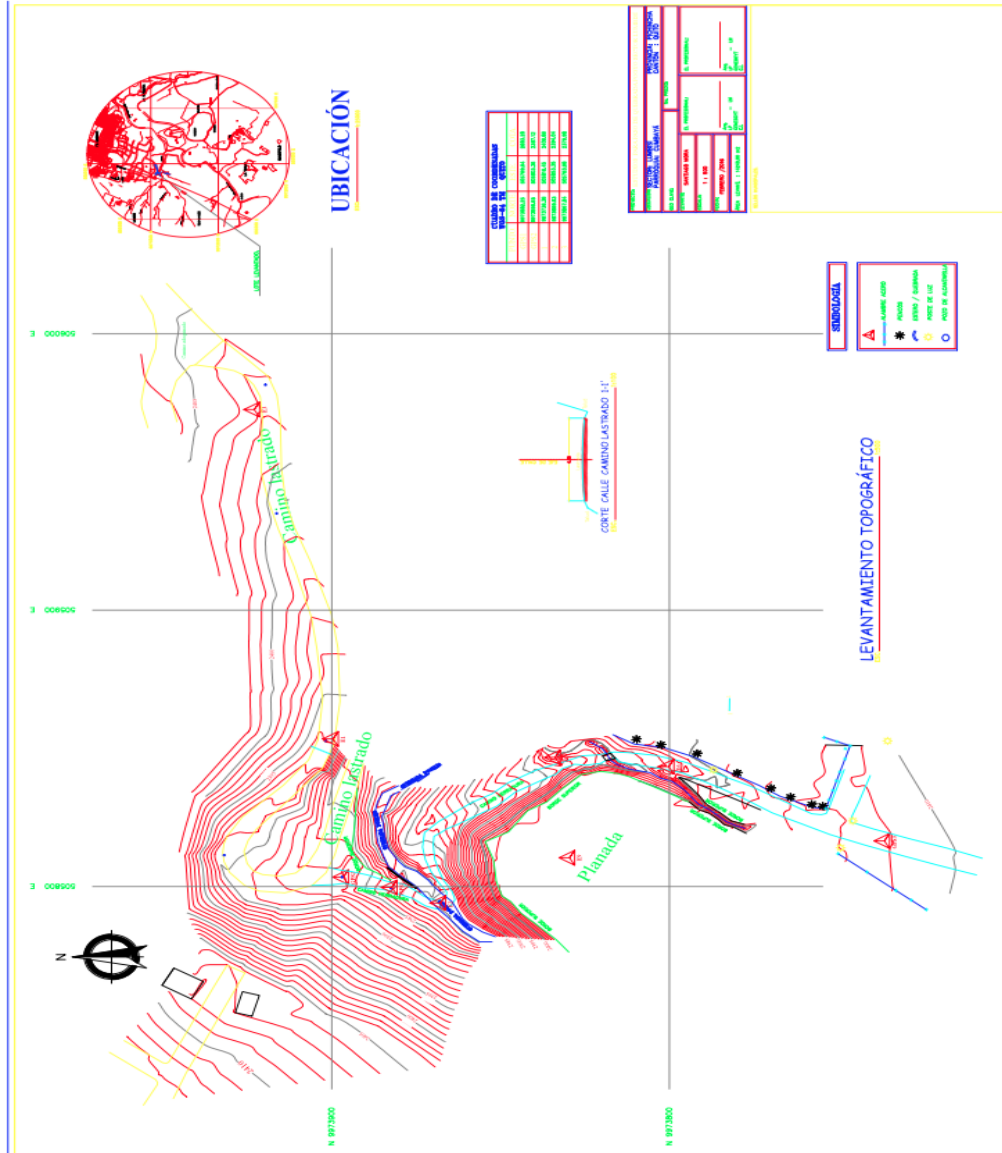
Kutz, M. (2004). *Handbook of transportation engineering* New York: McGraw-Hill.

Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2003). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito 2014.

Taylor, Karl (2010) *Thacka Beck Flood Alleviation Scheme, Penrith, Cumbria- Measured Building Survey of Culverts*. Project Report.

Salgado, A. (1989). *Caminos en el Ecuador Estudio y Diseño*. Quito: Editorial Universidad Central.

Anexo A: Levantamiento Topográfico



Anexo B: Diseño Geométrico Preliminar

