



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Estudios geotécnicos y diseño de pavimento articulado para
el acceso a la hacienda "El Gullán" - La Paz, perteneciente a
la Universidad del Azuay.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL CON ENFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Autor:

CARLOS ALBERTO ESCANDÓN CALLE

Director:

JUAN PABLO RIQUETTI MORALES

CUENCA – ECUADOR

2016

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1: GENERALIDADES.....	2
1.1 Tema:.....	2
1.2 Introducción.....	2
1.3 Alcance	2
1.4 Antecedentes	2
1.5 Justificaciones	3
1.6 Objetivos	3
1.6.1 Objetivo general	3
1.6.2 Objetivos específicos	3
CAPITULO 2: ESTUDIOS PRELIMINARES Y ENSAYOS	4
2.1 Ubicación geográfica.....	4
2.2 Descripción del estado actual de la vía.....	4
2.3 Demanda vehicular en la vía	5
2.4 Levantamiento topográfico.....	5
2.5 Clasificación de suelos	5
2.5.1 Procedimiento y resultados.	5

2.5.2	Limite Plástico (LP)	6
2.5.3	Limite Líquido (LL).....	6
2.6	Estudio de CBR	7
2.6.1	Procedimiento y resultados.	7
2.7	Ensayo de Próctor modificado	8
2.7.1	Procedimiento y resultados.	8
CAPITULO 3: CÁLCULOS Y DISEÑO		10
3.1	Análisis de propuestas	10
3.1.1	Normativas vigentes.....	10
3.1.2	Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003. (MTO).....	10
3.1.3	American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 93).....	11
3.2	Diseño de pavimento	11
3.2.1	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).	11
3.2.2	Diseño de pavimento articulado.....	11
3.2.3	Método del Instituto de Cemento Portland Argentino.	12
3.2.4	Método AASHTO 93	15
3.3	Verificación del pavimento diseñado con un TPDA proyectado.	24
CAPITULO 4: DISEÑO HORIZONTAL DE LA VÍA		26
4.1	Características del vehículo.....	28
4.2	Velocidad de diseño.	29
4.3	Distancias	31
4.4	Peralte.....	31

4.5	Radio de curvatura.....	32
4.6	Grado de curvatura	34
4.7	Sobre ancho	35
CAPITULO 5: DISEÑO VERTICAL DE LA VÍA.....		36
5.1	Diseño vertical de la vía.	36
5.2	Curvas verticales	37
5.3	Curvas Asimétricas.....	38
5.4	Curvas Simétricas.....	39
CAPITULO 6: DRENAJE.....		40
6.1	Estaciones meteorológicas.....	40
6.2	Ubicación del proyecto en función de las estaciones meteorológicas.....	40
6.3	Determinación de la precipitación de diseño para 50 y 100 años de periodo de retorno.....	43
6.4	Análisis de precipitación máximas 24h. “Método Gumbel”	43
6.5	Tiempo de concentración.	45
6.6	Intensidad de precipitación.....	46
6.7	Calculo de los caudales máximos.....	48
CAPITULO 7: CALCULO DE CUNETAS.....		50
CAPITULO 8: ALCANTARILLAS.....		53
CAPITULO 9: PRESUPUESTO.		55

9.1	Presupuesto general.....	55
9.2	Análisis de Precios Unitarios.....	56
9.3	Cronograma Valorado.....	75
CONCLUSIONES.....		77
RECOMENDACIONES.....		86
BIBLIOGRAFÍA.....		80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación Geográfica del Proyecto	6
Figura 2.2 Método de la cuchara Casagrande	7
Figura 2.3 Grafica de ensayo Próctor.....	8
Figura 3.1 Estructura del pavimento diseñado por capas.....	13
Figura 3.2 Procedimiento para determinar el espesor de capa de la estructura	14
Figura 3.3 Selección del tipo de pavimento EqAASHTO93 2.0	15
Figura 3.4 Selección de confiabilidad y desviación estándar EqAASHTO93 2.0.....	19
Figura 3.5 Selección de serviciabilidad EqAASHTO93 2.0.....	21
Figura 3.6 Ingreso de modulo resiliente EqAASHTO93 2.0.....	22
Figura 3.7 Ejes equivalentes obtenidos.....	23
Figura 3.8 Relación Función, clase MOP y Tráfico	24
Figura 4.1 Transición de peralte y sobre ancho.	29
Figura 4.2 Elementos de una curva Asimétrica	35
Figura 5.1 Elementos de una curva Simétrica.....	38
Figura 5.2 Mapa de ubicación de las Estaciones Meteorológicas por regiones.....	39
Figura 6.1 Ubicación Geográficas de las Estaciones	41
Figura 6.2 Distribución Gumbel	41
Figura 6.3 Mapa de zonificación de Intensidades de Precipitación.....	45
Figura 6.4 Velocidades máximas permisibles.....	46
Figura 7.1 Tipos de cunetas longitudinales.....	51
Figura 7.2 Cuneta Propuesta	52

ÍNDICE DE TABLAS

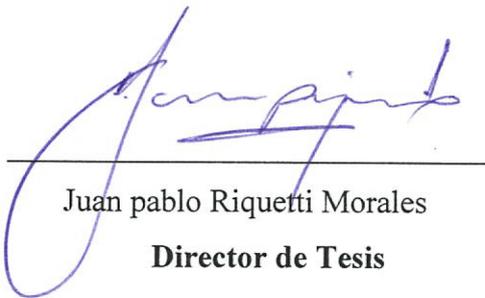
Tabla 2.1 Clasificación de Suelos	6
Tabla 2.2 Limite Liquido - Limite Plástico.....	7
Tabla 2.3 Resultado %CBR	8
Tabla 2.4 Resultados Próctor Modificado.....	9
Tabla 3.1 Factor de equivalencia ICP	13
Tabla 3.2 Coeficiente estructural de capa.	16
Tabla 3.3 Coeficiente de drenaje.....	17
Tabla 3.4 Confiabilidad Recomendada.	20
Tabla 3.5 Desviación Estándar.....	20
Tabla 3.6 Índice de Serviciabilidad.....	22
Tabla 3.7 Obtención de ejes equivalentes para el transito propuesto.	25
Tabla 4.1 Resumen de los pesos y dimensiones de buses y camiones	28
Tabla 4.2 Velocidades de Diseño en función a la categoría de la vía.....	30
Tabla 4.3 Radios mínimos en función del peralte.....	34
Tabla 5.1 Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas (%).	37
Tabla 6.1 Longitudes máximas de desarrollo a gradientes superiores al 8%.....	37
Tabla 6.2 Datos Estación Meteorológica Nabón.....	42
Tabla 6.3 Máximas Precipitaciones Históricas	42
Tabla 6.4 Periodo de retorno para diferentes tipos de carretera.....	43
Tabla 6.5 Probabilidad de Gumbel	44
Tabla 6.6 Precipitación proyectada para diferentes periodos de retorno	44
Tabla 6.7 Tc para diferentes puntos de la vía.....	46
Tabla 6.8 Intensidad de precipitación	47
Tabla 6.9 Valores de escorrentía para cobertura vegetal diferentes.....	48
Tabla 7.1 Caudales según la superficie y áreas de influencia	49
Tabla 7.2 Velocidades según el tramo de vía.....	52
Tabla 8.1 Resultados Obtenidos para selección de alcantarillado	53

**ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO
PARA EL ACCESO A LA HACIENDA "EL GULLÁN" - LA PAZ,
PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY.**

RESUMEN

La dificultad de circulación vehicular en épocas invernales en la hacienda El Gullán, fue la motivación principal para la presentación de este proyecto. El presente está compuesto por siete capítulos, en donde se desarrolla el pre dimensionamiento y diseño del pavimento y la vía diseñada. Cada una, está basada en normativas y especificaciones vigentes que rigen en nuestro medio, garantizando su serviciabilidad en su vida útil. Además, se ha dedicado un capítulo referente al presupuesto referencial. Para la elaboración de este proyecto, se tomó en cuenta otros factores que influyeron en el cálculo, siendo estos de índole privado, como el uso de un trazo vial actual, dando como respuesta un bajo impacto sobre la fauna del sector.

Palabras Clave: Diseño, proyecto, pavimento, vía.



Juan pablo Riquetti Morales
Director de Tesis



Paúl Cornelio Cordero Díaz
Director de Escuela



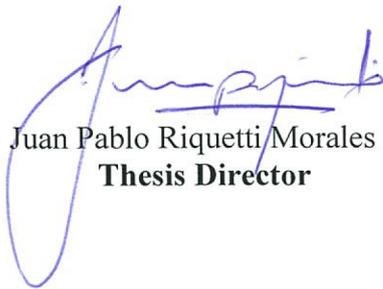
Carlos Alberto Escadón Calle
Autor

**GEOTECHNICAL STUDIES AND ARTICULATED PAVEMENT DESIGN FOR
THE ACCESS TO "EL GULLÁN" - LA PAZ, ESTATE OWNED BY
UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

ABSTRACT

The difficulty of vehicular circulation in *El Gullán* estate during the rainy season was the main motivation for the development of this project. This paper consists of seven chapters, where the pre-dimensioning and design of the pavement and a pathway are developed. Each one complies with current regulations and specifications that govern our environment so as to guarantee serviceability. In addition, one chapter discusses all that concerns the reference budget. Moreover, other factors that influenced the calculation for the development of this project were taken into account. These are of private nature such as the use of an existing road line as a response to produce low impact on the fauna.

Keywords: Design, Project, Pavement, Road



Juan Pablo Riquetti Morales
Thesis Director



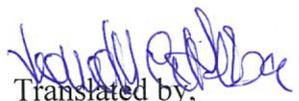
Paúl Cornelio Cordero Díaz
School Director



Carlos Alberto Escandón Calle
Author



**UNIVERSIDAD DEL
AZUAY**
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Escandón Calle Carlos Alberto

Trabajo de Titulación

Ing. Juan Pablo Riquetti Morales

Mayo, 2016.

**ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO
PARA EL ACCESO A LA HACIENDA "EL GULLÁN" - LA PAZ,
PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY.**

INTRODUCCIÓN

Cada obra civil que se complemente a un sector, sea éste urbano o rural, contribuye para su desarrollo tanto económico como social. Es por esto que se ha dedicado el tiempo necesario para desarrollar un estudio que aporte en el progreso de un sector que en nuestro caso es el campo Universitario.

El siguiente documento contempla el diseño de un pavimento articulado, este se implementará en el ingreso a las instalaciones de la hacienda “El Gullán”, perteneciente a la Universidad del Azuay. En ella se desarrollan proyectos de investigación, turísticos, talleres de capacitación, etc. Esta hacienda se convierte en un laboratorio vivo para quienes necesitan realizar trabajos de campo, bajo este contexto, el mejoramiento del ingreso vehicular favorecerá indudablemente a las labores académicas y lúdicas.

En este documento se encuentra detallado el diseño del pavimento articulado, además un diseño geométrico de vía y un estudio hidrológico. Cada uno con sus cálculos respectivos, tablas y gráficos que ayudaran al entendimiento del mismo.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 Tema:

Estudios geotécnicos y diseño de pavimento articulado para el acceso a la hacienda "El Gullán" - La Paz, perteneciente a la Universidad del Azuay.

1.2 Introducción

Las vías y carreteras son un factor muy importante en el desarrollo socio-económico en nuestro país, entre zonas o núcleos urbanos y rurales. Dentro de lo que se refiere al diseño de pavimento, se acepta el dimensionamiento de las estructuras que incluye las diferentes características de los materiales a emplear en las capas del pavimento y se pueda definir los espesores necesarios, garantizando un índice de servicio aceptable durante el periodo de vida estimada.

1.3 Alcance

El alcance del siguiente trabajo de investigación, es dar una solución viable a un recurrente problema que tiene la hacienda "El Gullán", que es no contar con una vía de acceso con un nivel de servicio adecuado para las personas que acceden al lugar.

1.4 Antecedentes

Debido al mal estado de la vía en épocas de invierno, se ve afectado el acceso para docentes, investigadores y estudiantes de la Universidad del Azuay. Actualmente, la vía existente, no satisface las necesidades de los mismos, dando por resultado, el tener que dejar el transporte a cientos de metros de las instalaciones.

1.5 Justificaciones

En primer lugar, la construcción de un pavimento en reemplazo de la calzada que se encuentra en la actualidad para el acceso a la casa de hacienda, constituye un gran apoyo para aquellas personas que utilizan regularmente estas instalaciones, especialmente en épocas de invierno, pues en verano existe un mantenimiento regular que obviamente facilita su ingreso; sin embargo, cuando llega la época invernal la situación se complica ya que al tener una inclinación pronunciada fácilmente el agua traslada el lastre que se encuentra dentro de la vía y la capa inferior contiene un suelo que al estar en contacto con el agua prácticamente se hace imposible transitar por ella.

En segundo lugar, la hacienda es de propiedad de la Universidad del Azuay y al ser una institución de Educación Superior, su infraestructura debe estar acorde con su nivel de importancia, pues la Universidad del Azuay se encuentra entre las mejores acreditadas del país.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Diseñar el pavimento de la vía de acceso a la hacienda “El Gullán” en beneficio de los estudiantes e investigadores de la Universidad del Azuay, aumentando de gran manera la imagen de la misma con los pobladores circundantes.

1.6.2 Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento topográfico del terreno.
- Realizar ensayos de clasificación del suelo, CBR, Próctor modificado.
- Diseñar el pavimento articulado.
- Realizar el diseño geométrico vertical y horizontal de la vía.
- Diseñar las cunetas, previo a un estudio hidrológico.
- Elaborar el presupuesto correspondiente.

CAPITULOS 2

ESTUDIOS PRELIMINARES Y ENSAYOS

2.1 Ubicación geográfica

La Hacienda El Gullán, siendo el lugar donde se localiza la vía de estudio, se encuentra al sur de la ciudad de Cuenca, aproximadamente a 73 km, ubicada cerca del poblado La Paz perteneciente a la parroquia Las Nieves del cantón Nabón.

Coordenadas Geográficas: 703123.08 m E, 9630861.96 m S, 3000 msnm.



Figura 2.1. Ubicación Geográfica del Proyecto
Fuente: Google Earth 2015

2.2 Descripción del estado actual de la vía.

La vía tiene aproximadamente 600 m de longitud desde la entrada de la vía principal: Panamericana Sur Cuenca – Loja, hasta el parqueadero interno de la hacienda. Dicha vía tiene un ancho variable de cinco metros limitado por arboles de pino. La vía se encuentra cubierta generalmente por acículas de pino, pues prácticamente la vía de acceso está ubicada bajo las sombra del bosque de la antes mencionada planta, estas acículas generalmente no permiten el flujo del agua en épocas invernales. La calzada de la vía presenta limos, los cuales son desfavorables al contacto con la humedad, impidiendo de esta manera la correcta circulación vehicular por la misma.

Cabe recalcar que en épocas de lluvia, no es posible la salida en vehículo de la hacienda, porque la calzada se torna resbaladiza al contacto con el agua, y al no contar con canales en sus costados que ayuden a la rápida evacuación de estas, perjudica a la capa de rodadura, generando problemas de circulación.

2.3 Demanda vehicular en la vía

En la actualidad en esta hacienda se encuentran realizando trabajos de investigación por parte de la escuela de Biología, así como los estudiantes de la carrera de Turismo, lo que ha incrementado la utilización de esta vía; sin embargo, no se tiene un tráfico de gran magnitud como en las vías de primer o segundo orden, ya que la vía es exclusiva para la comunidad universitaria.

2.4 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es indispensable para el desarrollo del proyecto, ya que con el resultado obtenido de éste, podremos realizar un diseño geométrico de la vía adecuado, además, calcular las cantidades de movimientos de tierra o rellenos que se usaran para su ejecución. Con equipo topográfico de alta precisión (Estación total Trimble 3605 DR), se realizó el levantamiento topográfico, obteniendo de esta manera una nube de puntos, los cuales están distribuidos a lo largo de la vía, y otros referenciado edificaciones que se encuentran dentro del predio de la hacienda y quedan cerca de la vía.

Una vez extraídos los datos del equipo topográfico, se procesaron con la ayuda del software *AUTOCAD CIVIL 3D*® de la casa *AUTODESK*®, el cual ayudó a proyectar la planimetría y taquimetría de la vía y del entorno.

2.5 Clasificación de suelos

2.5.1 Procedimiento y resultados.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), propuesto inicialmente por Arthur Casagrande en el año 1932, el cual se basa en el análisis granulométrico y en

los límites de Atterberg, dividiendo a los suelos en gravas, arenas, limos, arcillas y suelos orgánicos.

Para la clasificación se efectúa un cuarteo previo, tratando de tomar de la manera más uniforme, previamente es lavada para así obtener el porcentaje de limos y arcillas. Posterior al secado en horno, la muestra es pasada por varios tamices de diferente abertura. Con el proceso anterior se desarrolló al mismo tiempo los ensayos de límite líquido y límite plástico (Límites de Atterberg).

Tabla 2.1. Clasificación de Suelos

CLASIFICACION:	
SUCS	MH - limo de alta compresibilidad
AASHTO	A-7-5

Fuente: Ensayos realizados en los laboratorios de la Universidad del Azuay.

2.5.2 Limite Plástico (LP)

El límite plástico está definido por el porcentaje del contenido de agua, con el cual, en el procedimiento al formar cilindros de 3.2 mm de diámetro aproximadamente, se agrietan. El límite plástico está definido por el límite inferior de la etapa plástica del suelo. (Das, 2001).

2.5.3 Limite Líquido (LL).

Para obtener los resultados de este ensayo, se coloca una muestra de suelo en la cuchara de Casagrande, luego se realiza un corte en el centro y se deja caer desde una altura de 10mm. Esto se realiza hasta que el corte central se cierre a una distancia de 12.7 mm a lo largo del fondo de la ranura. (Das, 2001).

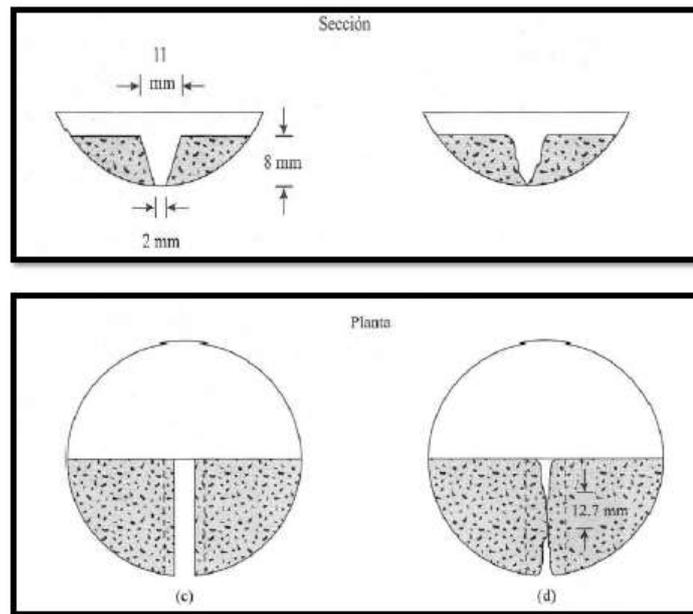


Figura 2.2. Método de la cuchara Casagrande

Fuente: (M. Das, Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica, 2001; M. Das, Limite Plástico 2001)

Resultados Obtenido de los ensayos:

Tabla 1.2 Limite Líquido - Límite Plástico

	Promedio
Limite Líquido	60.5
Limite Plástico	42.1

Fuente: Ensayos realizados en los laboratorios de la Universidad del Azuay.

2.6 Estudio de CBR

2.6.1 Procedimiento y resultados.

California Bearing Ratio denominado como C.B.R, se desarrolló en el Departamento de California en 1920 y sigue la norma ASTM D1883 y mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo.

Este ensayo consiste en medir la carga que se necesita para penetrar un pistón de dimensioe específicas en una muestra de suelo. Esta muestra de suelo se la se la sumerge aproximadamente cuatro días en agua, y se mide su hinchamiento.

Tabla 2. 2. Resultado %CBR

Valor CBR al 95%	2.2%
Valor CBR al 100%	5.4%

Fuente: Ensayo realizado en los laboratorios de la Universidad del Azuay.

2.7 Ensayo de Próctor modificado

2.7.1 Procedimiento y resultados.

Para realizar este ensayo se necesita tomar muestras del suelo, a estas se varía una de otra la humedad y se le aplica la misma energía de compactación. Como resultado del ensayo y la tabulación de datos se obtiene que, si nos acercamos a la humedad optima, tendremos un mayor peso específico.

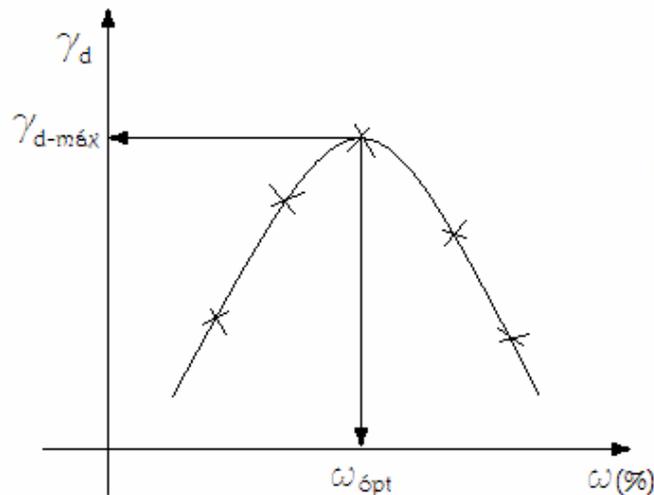


Figura 2.3. Grafica de ensayo Próctor

Fuente: (Dr. Ing. Jorge Acevedo Catá., MSc. Ing. Rolando Armas Novoa., & MSc. Ing. Pedro Morales Quevedo.)

La energía que se le aplica al realizar este ensayo, depende de varios factores como las características martillo o pesa, la altura que se deja caer la misma, características geométricas del molde, número de golpes aplicado a cada una de las muestras y el número de capas.

Se tiene por objetivo de este ensayo, la representación gráfica de la curva de compactación humedad optima - masa específica, y de ahí podemos obtener el peso específico seco máximo.

Los resultados obtenidos en nuestro ensayo son los siguientes:

Tabla 2.3. Resultados Próctor Modificado

Máxima Densidad:	1.608	Kg/m³.
Humedad Optima:	21.98	%

Fuente: Ensayos realizados en los laboratorios de la Universidad del Azuay

CAPITULO 3

CÁLCULOS Y DISEÑO

3.1 Análisis de propuestas

3.1.1 Normativas vigentes.

Por los resultados positivos que se dieron en cada experimentación, las normas fueron criterios formados con el fin de servir como guía al diseñador y estas se han establecido en nuestro medio como una ley de la cual, al momento del diseño debemos consultar y comparar, para que de esta manera nuestro proyecto garantice su estabilidad durante su tiempo de vida útil.

Para nuestro proyecto se han de utilizar normas y criterios de las siguientes fuentes:

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO93).
- Ministerio de Transporte y obras Públicas 2003. (MTOP)

3.1.2 Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003. (MTOP)

Este manual otorga al diseñador, pautas y criterios para la construcción de obras viales, que han sido recopilados de otras normas, que estando en vigencia hacen de este manual una herramienta útil, tomando en cuenta que han sido preparadas para nuestro medio. Esta ha sido una guía muy útil al momento de diseñar, ya que su contenido se representa de manera didáctica facilitando su entendimiento y contenido.

Este manual fue desarrollado por el Ministerio de transporte y Obras Públicas en el año 2003, y de igual manera, se han utilizado criterios de la norma NEVI 12 que de igual manera fue desarrollado por la misma entidad pública.

3.1.3 American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 93)

Este método, es el más usado en la actualidad por sus buenos resultados obtenidos en obra. Este método ha tenido varias modificaciones desde su inicio y para nuestro proyecto se usara su última versión siendo esta el Método AASHTO 93 el cual incorpora en su metodología la determinación y evaluación del numero estructural (SN) de la estructura de pavimento.

3.2 Diseño de pavimento

3.2.1 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

Para determinar el TPDA, es necesario realizar estudios de conteos vehiculares por las vías de interés. El TPDA no es nada más que el Trafico Promedio Diario Anual. Esto nos ayuda a clasificar las vías según el volumen de tránsito.

En la actualidad, la Universidad del Azuay no cuenta con un estudio de tráfico vehicular que nos ayude a determinar el TPDA que tiene la vía de acceso a las instalaciones de la hacienda “El Gullán”, por lo que en parte del cálculo, realizaremos una metodologías para determinar la estructura que tendrá el pavimento y otra que nos ayuda a evaluar dicha estructura cumpliendo con los requerimientos que dicten las normativas vigentes, y garantizando de esta manera una vía de buena calidad.

3.2.2 Diseño de pavimento articulado.

Para el proyecto, partiremos del método del Instituto Argentino de Cemento Portland. Este es aplicado a diseños que no cuentan con un conteo vehicular (TPDA). Este método fue desarrollado, estudiado y experimentado por el Ing. Juan F. García Balado y ha sido aplicado especialmente a diseños de pavimentos articulados.

En el método mencionado interviene el peso del vehículo que soportará la calzada, y el porcentaje de CBR de la sub rasante, dando como respuesta los espesores de cada capa que conformaran la estructura del pavimento.

Una vez aplicado dicho método, se evaluará éste mediante el método AASTHO93, que es la normativa vigente y la más usada para diseños de pavimentos en la actualidad dando buenos resultados.

Además con el método AASHTO 93 determinaremos el periodo de durabilidad de la calzada obtenida anteriormente simulando un tráfico probable, y si ésta se sujeta a las especificaciones que determina la misma.

3.2.3 Método del Instituto de Cemento Portland Argentino.

Formula de Peltier.

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{5 + \%C.B.R.}$$

Donde:

e= Espesor total del pavimento.

P= Carga por rueda en toneladas.

%C.B.R= porcentaje obtenido en los estudios de suelos.

Para realizar el cálculo de la estructura de pavimento tomaremos en cuenta un camión pequeño de dos ejes (C2P), este se asemeja al peso del vehículo tipo que ingresa frecuentemente a las instalaciones de la hacienda siendo este, el más desfavorable.

CAMION DE 2 EJES PEQUEÑO.



Figura 3.1. Camión seleccionado para el diseño de pavimento.
Fuente: Elaboración Propia.

P = 4 Ton.

% C.B.R. = 2.2 Resultado Obtenido de los ensayos de Laboratorio.

Aplicando la fórmula de Peltier Obtenemos que:

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{4}}{5 + 2.2}$$

$$e = 56.07 \text{ cm}$$

$$e = a_1E_1 + a_2E_2 + a_3E_3$$

Tabla 3.1. Factor de equivalencia ICP

FACTOR DE EQUIVALENCIA DE DISFERENTES MATERIALES	
Tipo de Material	Factor de equivalencia
Material de mejoramiento	0.6
Sub base granular	0.8
Base granular	1
Suelo cemento	1-5-2.00
Adoquín	2.00-2.50

Fuente: Instituto de cemento Portland.

a₁= Factor de equivalencia capa de rodadura.

a₂= Factor de equivalencia de base granular.

a₃= Factor de equivalencia de Sub base granular.

E₁= Espesor capa de rodadura.

E₂= Espesor de base propuesto

E₃= espesor de Sub base.

Para determinar el espesor del adoquín nos guiaremos de los adoquines comerciales existentes y dentro de estos tenemos el de 8 cm, el cual tomaremos para el diseño.

Por lo tanto:

$E_1 = 8\text{cm}$.

Se propone un espesor para la base granular de 20cm.

Por lo tanto:

$E_2 = 20\text{cm}$.

Despejando E_3 de la fórmula, obtenemos que:

$$E_3 = \frac{e - a_1E_1 - a_2E_2}{a_3}$$

$$E_3 = \frac{56.07 - 2.5 * 8 - 1 * 20}{0.8}$$

$$E_3 = 20.08\text{cm}$$

Dando como respuesta un espesor aproximado de sub base igual a 20 cm.

Teniendo la estructura final de la calzada de 50cm:

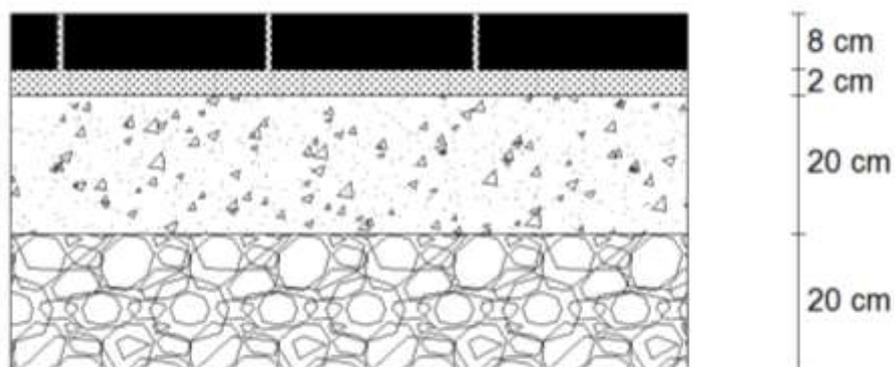


Figura 3.2. Estructura del pavimento diseñado

Fuente: Elaboración propia.

- Adoquín 8cm.
- Cama de arena 2 cm.
- Base 20 cm.
- Sub base 20 cm.

3.2.4 Método AASHTO 93

Con el método AASTHO 93 evaluaremos la estructura de pavimento anteriormente calculada y determinaremos si la calzada propuesta cumple los requerimientos mínimos de un pavimento sometido a esfuerzos de cargas vehiculares.

Además, simularemos un tráfico probable que someterá a esfuerzos al pavimento diseñado y verificaremos si nuestro pavimento satisface dichas necesidades.

3.2.4.1 Numero estructural del pavimento (SN).

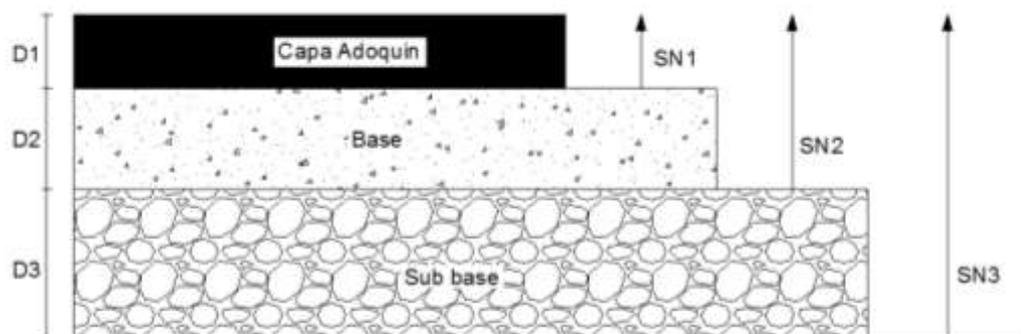


Figura 3.3. Procedimiento para determinar el espesor de capa de la estructura
Fuente: Guía para el diseño de estructura de pavimento, AASHTO, 1993.

La expresión que liga el número estructural con los espesores de capa es:

$$SN = a_1 * D_1 * m_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \quad (3)$$

Donde:

$a(i)$ = coeficiente estructural de capa.

$D(i)$ = espesor de capa.

$m(i)$ = coeficiente de drenaje.

Los coeficientes estructurales son una medida de la capacidad relativa de cada capa, como componente estructural de un pavimento, aunque no están correlacionados con la resistencia del material. (AASHTO, 1993)

En el método AASHTO 93 encontramos ábacos válidos que nos ayuda a determinar este coeficiente estructural, el cual está en función de la estabilidad Marshall, del cohesiómetro de Haveem y del módulo resiliente.

Luego de realizar varios ensayos con cada una de las capas que forman la estructura de un pavimento, podemos resumir los ábacos en el siguiente cuadro:

Tabla 3.2. Coeficiente estructural de capa.

CLASE DEL MATERIAL	NORMAS	ai (cm -1)
CAPA DE SUPERFICIE.		
Concreto Asfáltico	Estabilidad de Marshal 1000-1800lbs	0.134-0.173
Arena Asfáltica	Estabilidad de Marshal 500-800lbs	0.079-0.118
Carpeta bituminosa mezclada en el camino	Estabilidad de Marshal 300-600lbs	0.059-0.098
CAPA DE BASE.		
Agregados triturados, graduados uniformemente.	PI: 0-4 CBR>100%	0.047-0.055
Grava graduada uniformemente.	PI: 0-4 CBR (30-80%)	0.028-0.051
Concreto Asfáltico	Estabilidad de Marshal 1000-1600lbs	0.098-0.138
Arena Asfáltica	Estabilidad de Marshal 500-800lbs	0.059-0.098
Agregado grueso estabilizado con cemento.	Resistencia a la compr. 28-46 Kg./cm ²	0.079-0.138
Agregado grueso estabilizado con cal.	Resistencia a la compr. 7 Kg./cm ²	0.059-0.118
Suelo – Cemento	Resistencia a la compr. 18-32 Kg./cm ²	0.047-0.079
CAPA DE SUB-BASE.		
Arena-Grava graduada uniformemente	PI:0-6 CBR>30%	0.035-0.043
Suelo – Cemento	Resistencia a la compr. 18-32 Kg./cm ²	0.059-0.071
Suelo – Cal	Resistencia a la compr. 5 Kg./cm ²	0.059-0.071
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE		
Arena o suelo seleccionado	PI:0-10	0.020-0.035
Suelo con Cal	3% mínimo de cal en peso de los suelos	0.028-0.039
TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO		
Triple riego	*= usar estos valores para los diferentes tipos de tratamientos bituminosos, sin calcular espesores.	*0.40
Doble riego		*0.25
Simple riego		*0.15

Fuente: Guía para el diseño estructural de pavimento, AASHTO, 1993

3.2.4.2 Coeficiente de drenaje

El método AASTHO 93 recomienda usar los coeficientes de drenaje establecidos en el siguiente recuadro dependiendo de la calidad del material a usar:

Tabla 3.3. Coeficiente de drenaje

Calidad de drenaje	PORCENTAJE DE TIEMPO EN EL QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTA EXPUESTA A NIVELES DE HUMEDAD PRÓXIMOS A LA SATURACIÓN			
	MENOS DEL 1%	1%-5%	5%-25%	MAS DEL 25%
Excelente	1.25-1.20	1.35-1.3	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.20-1.15	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.15-1.05	1.00-0.80	0.8
Pobre	1.10-1.00	1.05-0.80	0.80-0.60	0.6
Muy pobre	1.00-0.90	0.95-0.75	0.75-0.40	0.4

Fuente: Guía para el diseño estructural de pavimentos, AASHTO, 1993

Tomando en cuenta estos parámetros de diseño, continuaremos en el cálculo del pavimento y de esta manera obtenemos que:

a1=0.173 coeficiente estructural capa de superficie (adoquín).

a2=0.047 coeficiente estructural capa de base.

a3=0.035 coeficiente estructural capa de sub base.

m1=1.00 coeficiente de drenaje capa de superficie (adoquín)

m2=0.80 coeficiente de drenaje capa de base.

m2=0.60 coeficiente de drenaje capa de sub base.

Reemplazando estos valores en la ecuación, determinamos el número estructural de pavimento (SN), que consideraremos luego para determinar qué cantidad de ejes equivalentes soportara el pavimento estimado, y el tiempo de durabilidad del mismo.

Reemplazando los valores tenemos que:

$$SN = 0.173 * 8 * 1 + 0.047 * 20 * 0.8 + 0.035 * 20 * 0.6$$

$$SN = 2.55$$

Con este resultado, concluimos que el número estructural de pavimento (SN) estimado es de 2.55. Este valor nos llevara a determinar cuántos ejes equivalentes puede soportar la estructura propuesta.

3.2.4.3 EqAASHTO93 2.0

Para continuar con el proceso del cálculo, haremos uso de software EqAASHTO93 2.0 desarrollado en el año 2000 por Luis Ricardo Vásquez Varela, Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte de la Universidad Nacional de Colombia. EqAASHTO93 2.0 es un programa que tiene por objetivo resolver las ecuaciones del método AASHTO de Diseño de Pavimentos de 1993 para el pre dimensionamiento de pavimentos flexibles y rígidos, debido a la complejidad de las mismas.

La ecuación que nos presenta el método AASHTO es la siguiente:

$$\log_{10} Wt_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{1094} \right]}{0.40 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

En donde:

Wt18: Número de aplicaciones de ejes equivalentes de 80 kN el periodo de diseño.

ZR: Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño.

So: Desviación estándar.

Δ PSI: Pérdida de Serviciabilidad.

MR: Módulo resiliente de la Subrasante y de las capas de bases y sub-bases granulares.

SN: Número Estructural.

A continuación, con el propósito de realizar una guía de uso del programa EqAASHTO93 2.0, se procederá a cálculo de la ecuación mediante el software mencionado.

3.2.4.4 Operación del software EqAASHTO93 2.0.

Para operar el software seguiremos los siguientes pasos:

1.- Definiremos el tipo de pavimento que vamos a analizar, pavimento rígido o pavimento flexible. En esta ocasión usaremos pavimento flexible, ya que el comportamiento físico de un pavimento articulado es similar al del pavimento flexible.

The screenshot shows the software interface for EqAASHTO93 2.0. It is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for "Pavimento flexible" (selected) and "Pavimento rígido".
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu for "Reliability (R)" and an input field for "So".
- Serviciabilidad inicial y final:** Input fields for "PSI inicial" and "PSI final".
- Módulo resiliente de la subrasante:** An input field for "Mr" followed by "psi".
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Input fields for "Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)", "Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)", "Coeficiente de transmisión de carga - (J)", and "Coeficiente de drenaje - (Cd)".
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for "Calcular SN" (selected) and "Calcular W18". An input field for "W18 =" is present.
- Número Estructural:** An input field for "SN =".
- Buttons:** "Calcular" and "Salir" buttons at the bottom.

Figura 3.4. Selección del tipo de pavimento EqAASHTO93 2.0.
Fuente: Elaboración Propia.

2.- Seleccionaremos la confiabilidad (**R%**) y la desviación estándar total (**So**) del diseño.

3.2.4.5 Confiabilidad (R%)

La confiabilidad puede definirse de acuerdo a Darter y Hudson (1973) como a probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista dentro de su vida útil bajo las condiciones (medio ambiente) que tiene lugar en ese lapso. La incertidumbre siempre ha sido tenida en cuenta a través del uso de coeficientes de seguridad surgidos en base a la experiencia.

La selección del nivel apropiado de confiabilidad está determinada por el uso esperado de este pavimento. Así mismo, la selección de dicho nivel estará reflejada en el costo del pavimento, un alto índice de confiabilidad tendrá un valor más alto. (AASHTO, 1993)

En la siguiente tabla se muestran los niveles de confiabilidad recomendados por la AASHTO.

Tabla 3.4. Confiabilidad Recomendada.

Tipo de Camino	Confiabilidad Recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: Guía para el diseño estructural de pavimentos, AASHTO, 1993

3.2.4.6 Desviación estándar (So).

Para la selección de So, usaremos los valores recomendados por la AASHTO Road Test en base a varios análisis realizados.

Tabla 3.5. Desviación Estándar

Condición de diseño	Desviación Estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0.34 (pav. Rígidos) 0.44 (pav. Flexibles)
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0.39 (pav. Rígidos) 0.49 (pav. Flexibles)

Fuente: Guía para el diseño estructural de pavimentos, AASHTO, 1993

Tomando en cuenta estos valores, tomamos los que más se justan a nuestro diseño.

R%= 75 Nivel de confiabilidad.

So= 44 Desviación estándar.

Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 75 % $Z_r = -0.674$ So 0.44	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial <input type="text"/> PSI final <input type="text"/>		Módulo resiliente de la subrasante Mr <input type="text"/> psi	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = <input type="text"/> <input type="radio"/> Calcular W18		Número Estructural SN = <input type="text"/>	
<input type="button" value="Calcular"/>		<input type="button" value="Salir"/>	

Figura 3.5. Selección de confiabilidad y desviación estándar EqAASHTO93 2.0.
Fuente: Elaboración Propia.

3.- Luego, definiremos los niveles de serviciabilidad: inicial y final.

3.2.4.7 Índice de serviciabilidad.

La serviciabilidad (PSI) de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito que se ha diseñado, y es calificado en una escala de 0 a 5, siendo 5 una calificación perfecta y 0 una de pésimas condiciones. (AASHTO, 1993).

La PSI inicial está en función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, mientras que la final está en función de la categoría del camino.

Los valores recomendados por la AASHTO son:

Tabla 3.6. Índice de Serviciabilidad

Nivel de serviciabilidad para pavimento Flexible		
Serviciabilidad Inicial	4.2	
Serviciabilidad Final	2.5 o mas	Para caminos muy importantes
	2	Para caminos de menor transito

Fuente: Guía para el diseño estructural de pavimentos, AASHTO, 1993

Figura 3.6. Selección de serviciabilidad EqAASHTO93 2.0

Fuente: Elaboración propia

4.- Ingresamos el módulo de resiliencia de la subrasante en unidades Psi.

3.2.4.8 Módulo de resiliencia

EL módulo de resiliencia se le puede relacionar con propiedades del suelo, como por ejemplo el %CBR. La ASSHTO recomienda usar la siguiente expresión:

$$Mr = B * \%CBR$$

Siempre y cuando: %CBR<10% B=1500 y Mr puede variar entre 750 y 3600.

También se tiene que:

$$Si \%CBR < 20\% \quad Mr = 3000 * \%CBR^{0.65}$$

$$\text{Si } \%CBR > 20\% \quad Mr = 4326 * \ln(\%CBR) + 241$$

De los ensayos de laboratorios se tiene que el $\%CBR=2.2$, por lo tanto:

$$Mr = 1500 * 2.2$$

$$Mr = 3300$$

Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 75 % Zr=-0.674 So 0.44	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4.2 PSI final 2		Módulo resiliente de la subrasante Mr 3300 psi	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)		Coefficiente de transmisión de carga - (J)	
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)		Coefficiente de drenaje - (Cd)	
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = <input type="text"/> <input type="radio"/> Calcular W18		Número Estructural SN = <input type="text"/>	
<input type="button" value="Calcular"/>		<input type="button" value="Salir"/>	

Figura 3.7. Ingreso de módulo resiliente EqAASHTO93 2.0
Fuente: Elaboración Propia

5.- Finalmente el software nos pide escoger lo que deseamos calcular (SN o W18). Ingresando el número estructural obtenido anteriormente (2.55), escogemos calcular el número de ejes equivalentes a 18 kips.

De esta manera obtendremos cuantos ejes podrá soportar nuestra estructura.

Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 75 % Zr=-0.674 So 0.44	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4.2 PSI final 2		Módulo resiliente de la subrasante Mr 3300 psi	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - E _c (psi)		Coeficiente de transmisión de carga - (J)	
Módulo de rotura del concreto - S _c (psi)		Coeficiente de drenaje - (Cd)	
Tipo de Análisis <input type="radio"/> Calcular SN SN = 2.55 <input checked="" type="radio"/> Calcular W18		Ejes de 18 kips W18 = 50157	
<input type="button" value="Calcular"/>		<input type="button" value="Salir"/>	

Figura 3.8. Ejes equivalentes obtenidos
 Fuente: Elaboración Propia.

Dándonos como resultado final que nuestra estructural resistirá **50157** ejes equivalentes.

El método AASHTO 93 es válido siempre y cuando se tenga un número de ejes equivalentes igual o mayor a 50000, en nuestro caso, la evaluación con este método es aplicable, puesto que nuestro cálculo supera al mínimo especificado por la AASHTO 93.

50000 ejes equivalentes < 50157 ejes equivalente.

3.3 Verificación del pavimento diseñado con un TPDA proyectado.

Por otra parte, nos impondremos un valor de Trafico Promedio Diario Anual probable que circulara por el pavimento propuesto, y lo proyectaremos para 15 años, lo cual se estima que el pavimento tendrá su vida útil, y comprobaremos si los resultados anteriormente calculados satisfacen las necesidades del tráfico proyectado.

Para esto tomaremos en cuenta lo vehículos comunes, que podrían ingresar a las instalaciones dependiendo de las necesidades.

Los factores que intervienen en este procedimiento son varios como:

Tasa de crecimiento vehicular (Fc): la tasa de crecimiento vehicular puede ser igualada a la tasa de crecimiento poblacional, y para esto nos referiremos al INEC, donde por respuesta tenemos que la tasa de crecimiento poblacional en Nabón es de **0.86%**.

$$Fc = \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Donde:

n= número de años

i= tasa de crecimiento.

Factor camión: se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes equivalentes a 8.2 Ton. Para esto se toma en cuenta las tablas de la AASHTO donde dependiendo del tipo de eje y tipo de pavimento, se tiene diferentes tipos de factores.

En el siguiente recuadro se puede observar los tipos de vehículos propuestos, las cantidades y sus respectivos factores.

Tabla 3.7. Obtención de ejes equivalentes para el tránsito propuesto.

Tipo Vehículo	Cantidad	Fc	Total Vehículos	Factor Camión	ESALS
Automoviles, furgones y otros livianos	12	15.94	191.25	0.0032	223.380514
Camion o bus pequeño	4	15.94	63.76	0.5485	12764.9114
Bus o camion mediano	1	15.94	15.94	4.61	26821.441
Volqueta	1	15.94	15.94	1.0305	5995.55205
TOTAL					45805.285

Fuente: Elaboración Propia.

Como resultado, tenemos que nuestro pavimento trabajará de manera eficaz, ya que el número de ejes proyectado, es menor al número de ejes que soportara el pavimento diseñado.

50157 ejes equivalente > 45805 ejes equivalentes

CAPITULO 4

DISEÑO HORIZONTAL DE LA VÍA

Para realizar el diseño horizontal, existen varios factores que influyen en este como por ejemplo el trazado actual vía actual, seguido de la topografía de la misma, la velocidad de circulación, entre otros.

Para este proyecto, se tratara de mantener el alineamiento de la vía actual (tanto horizontal como vertical) ya que el trazado geométrico, siendo éste no tecnificado, satisface las necesidades de ocupación de carril al momento de la circulación vehicular. No obstante, se realizará un trazado geométrico que se ajuste al trazado actual, dejando una vía con mejores características geométricas que las actuales. Esto quiere decir, que se mantendrá un ancho constante en toda su trayectoria, con radios de giro establecidos, y, con pendientes longitudinales y transversales que garantizan una circulación fiable y cómoda.

Hay que tomar en cuenta que las modificaciones de la vía, están limitadas, ya que el entorno se considera como “Área Protegida”, sumado a esto, cabe destacar que, cada modificación que se realice en el diseño de la vía actual, se verá reflejado en un incremento al costo final de la obra.

Las normativas de diseño de vías del M.T.O.P. presentan algunos criterios que se deben considerar al momento de diseñar una vía, como por ejemplo:

- Combinar curvas amplias a medida que el terreno lo permita.
- En caso de usar los radios mínimos para las velocidades de diseño, deben ser usados en donde sea las condiciones sean críticas.
- Buscar siempre consistencia en los alineamientos.

En el diseño geométrico de vías, no solo existe factores relacionados al entorno de la vía, existen otros factores que influyen como son los factores humanos.

Los factores humanos hacen referencia a la capacidad de visión, percepción del tiempo, y reacción del conductor al momento de circular por la vía. En nuestro país se considera que el tiempo de percepción de las personas es de 1 segundo y reacción de 2 segundos.

4.1 Características del vehículo.

Tabla 4.1. Resumen de los pesos y dimensiones de buses y camiones

Resumen de los pesos y dimensiones de buses y camiones		
Dimensiones de camiones y buses	Proyecto de reforma según M.T.O.P	Vigentes M.T.O.P
Ancho camión	2.60 m	2.60 m
Ancho bus	2.60 m	2.60 m
Alto camión	4.10 m	4.10 m
Alto bus	4.10 m	4.10 m
Largo del camión rígido(1,2 o 3 ejes) en el semiremolque	11.50 m (con 2 ejes) 12.20 m (con 3 ejes)	12.00 m
Largo tracto camión + semiremolque (1,2,3 ejes) en el semiremolque	17,50 m (2S;2S2;2S3;3S1) 18,3 m (3S2, 3S3)	18,00(3S2 y 3S3)
Largo Semirremolque	9,0 m (1 eje) 12,30 m (2 ejes) 13,0 m (3 ejes)	9,0 m (1 EJE) 12,3 m (2 EJES) 13,0 m (3 EJES)
Largo Remolque	10,00 m	10,00 m
Largo camión + remolque	18,30 m	18,30 m
Largo tracto camión + semirremolque + remolque	18,30 m	18,30 m
Largo bus larga distancia	Convencional 13,3 m Semi integral 15,0 m hasta con 3 ejes Integral 15,0 m hasta 4 ejes direccionales	
Largo bus articulado	18,3 m	-
Largo bus urbano/suburbano	-	-
Ancho vehículos especiales	-	-
Alto vehículos especiales	-	-
Largo de vehículos especiales (1)	21	21
Separación para ejes compuestos	-	min 1,20 m máx. 1,60 m
Pesos camiones		
Eje trasero simple rodado simple (2r)	6,00 t	6,00 t
Eje trasero simple rodado doble (1r)	11,00 t	12,00 t
Eje trasero doble rodado simple (4r)	12,00 t	12,00 t
Eje trasero doble rodado simple y doble (6r)	15,50 t	
Eje trasero doble rodado doble (8r)	19,00 t	20,00 t
Eje trasero triple 1 rodado simple (6r)	18,00 t	-
Eje trasero triple 1 rodado simple y 2 dobles	24,00 t	-
Eje trasero triple 3 rodados dobles (12r)	24,00 t	24,00 t
Peso Bruto Total admitido	48,00 t	46,00 t
Tolerancia de pesos	500 kg. Para el eje delantero y 1000 kg para cualquiera de los ejes posteriores No existe tolerancia para el P.B.V.	-
Relación potencia de pesos	6,5 IIP/T	8 IIP/t y 6,5 IIP/t
* En estudio el cambio de valores		

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

4.2 Velocidad de diseño.

Uno de los factores más importantes que interfieren en el diseño geométrico, es la velocidad de diseño, y de este dependen otros como son: el alineamiento vertical y transversal, radios mínimos, pendientes, entre otros.

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas, nos presenta un cuadro de velocidades de diseño, donde podemos optar por uno, dependiendo de las características topográficas o de relieve de nuestro proyecto.

Dependiendo de la clasificación de nuestra vía, tomaremos la velocidad de diseño.

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA (según MOP)	TPDA (1) (AÑO FINAL DE DISEÑO)
CORREDOR ARTERIAL	RI - RII (2)	>8000
	I	3000 – 8000
COLECTORA	II	1000 – 3000
	III	300 – 1000
VECINAL	IV	100 – 300
	V	< 100

Figura 4.1. Relación Función, clase MOP y Tráfico.
Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

Para nuestro caso, tomaremos una clasificación correspondiente a la función vecinal del tipo IV, dependiendo de esto, seleccionaremos la velocidad de diseño.

Tabla 4.2. Velocidades de Diseño en función a la categoría de la vía.

VELOCIDAD DE DISEÑO (KM/h)														
CATEGORIA DE LA VIA		TPDA ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO (KM/h)											
			BASICA				PERMISIBLE EN TRAMOS DIFICILES							
			(RELIEVE LLANO)				(RELIEVE ONDULADO)				(RELIEVE MONTAÑOSO)			
			Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	
			Recom...	Absoluta	Recom...	Absoluta	Recom...	Absoluta	Recom...	Absoluta	Recom...	Absoluta	Recom...	Absoluta
R-I 0 R-II (Tipo)		> 8000	120	110	100	96	110	90	96	86	90	80	90	90
I	Todos	3000 - 8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	Todos	1000 - 3000	100	90	90	86	90	80	86	80	70	50	70	50
III	Todos	300 - 1000	90	80	86	80	80	60	60	60	60	40	60	40
IV	TIPO	100 - 300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	60	35
V	4 y 4E	<100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

NOTA

- Los valores recomendados se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite superior de la respectiva categoría de vía.
- Los valores absolutos se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de la vía y/o el relieve sea difícil o escarpado
- La categoría IV incluye además los caminos vecinales tipo 5, 5E 6 y 7 contenidos en el manual de caminos vecinales "Berger - Protecvia" 1984 y categoría V son los caminos vecinales 4 y 4E
- En zonas con perfiles de meteorización profundo (estribaciones) requerirán de un diseño especial considerando los aspectos geológicos
- Para la categoría IV y V en caso de relieve escarpado se podrá reducir la Velocidad de diseño mínima a 20 km/h.

Fuente: MTOP Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003

De esta manera hemos seleccionado nuestra velocidad de diseño de 35 Km/h, ya que nuestro proyecto presenta una topografía ondulada. Esta velocidad la usaremos para los cálculos de los elementos de la sección transversal, entre otros.

4.3 Distancias

En el diseño geométrico horizontal, existen distancias que se deben considerar en el momento del diseño de la vía, como son:

- Distancia de visibilidad
- Distancia de visibilidad de parada
- Distancia de visibilidad de rebasamiento
- Distancia de visibilidad en las curvas horizontales
- Distancia de visibilidad lateral

Cada una de estas, tienen sus respectivos procedimientos de cálculo, y depende de la velocidad de diseño, tiempo de percepción y reacción del conductor. Dependiendo de los resultados obtenidos, se proceden a comparar con los mínimos especificados por la normativa del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

En nuestro proyecto se obviarán los cálculos de estas distancias, ya que la vía a diseñar es de régimen privado, y se supondrá que su circulación por la misma será de manera adecuada, sin ser necesario maniobras que pongan en peligro la integridad de los conductores por efectos de exceso de velocidad o impericias sobre el volante al momento de circular por la vía.

4.4 Peralte

El peralte, tiene por finalidad, disminuir la fuerza centrífuga que actúa sobre el vehículo que circula, sin embargo, no solo el peralte absorbe esta fuerza, sino también la fricción que existe entre las llantas y el pavimento.

La fórmula para calcular esta fuerza es:

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

Donde:

P: Peso del vehículo (Kg).

V: Velocidad de diseño (m/s).

g: Aceleración de la gravedad,(9,78 m/s²).

R: Radio de la curva circular (m).

Y para el cálculo del peralte es:

$$e = \frac{V^2}{127 * R} - f$$

Donde:

e: Peralte de la curva de la vía (m/m).

V: Velocidad de diseño (km/h).

R: Radio de curvatura (m).

f: Máximo coeficiente de fricción lateral.

Estas dos fórmulas, están propuestas por el manual de normas de Diseño Geométrico de Carreteras perteneciente al MTOP. Así mismo, se recomienda para las vías de dos carriles que estén conformadas en su capa de rodadura ya sea de concreto, asfalto, o empedrado y además que su velocidad de circulación sea mayor a 50 km/h, tener un peralte máximo del 10 %, y si su velocidad es menor a 50 Km/h, y si la vía es de segundo orden, tener un peralte máximo del 8 %.

4.5 Radio de curvatura

El radio de curvatura se calcula mediante la fórmula:

$$R = \frac{1145.92}{G_c}$$

Donde:

R= radio de curvatura

Gc= Grado de curvatura

Por otra parte el radio de curvatura que será calculado será el mínimo en el cuál pueda transitar un vehículo en total seguridad a una velocidad, que en nuestro caso será la de diseño, en función del peralte y coeficiente de fricción lateral de la calzada.

Esta viene dada por:

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

Donde:

R= radio mínimo de curvatura

V= velocidad de diseño, expresada en Km/h

f= coeficiente de fricción.

e= peralte de la vía.

Para el coeficiente de fricción lateral (i), usaremos un valor de 0.24 recomendado por el M.T.O.P. para requerimientos de estabilidad contra deslizamiento.

Tomando en cuenta esto tenemos que:

$$R = \frac{35^2}{127(0.24 + 0.08)}$$

$$R=30.15 \text{ m}$$

El Ministerio de transporte y Obras públicas, recomienda usar los siguientes valores para los radios mínimos en función del peralte.

Tabla 4.3. Radios mínimos en función del peralte

Radios mínimos de curvatura en función del peralte "e"				
Velocidad de diseño	Radio mínimo recomendado			
Km/h	0.1	0.08	0.06	0.04
20		18	20	20
25		20	26	26
30		28	30	30
35		30	35	36
40		42	46	60
45		68	70	86
50		78	80	90
60	110	120	130	140
70	180	170	186	206
80	210	230	266	280
90	276	300	330	370
100	350	375	416	486
110	430	470	620	586
120	620	570	830	710

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

Para nuestro caso, el calculado coincide con el recomendado de 30 m.

4.6 Grado de curvatura

El grado de curvatura es el factor que nos permite circular con seguridad y comodidad en la curva con el peralte y la velocidad seleccionada.

Este grado está dada por la siguiente formula:

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360}{2 * \pi * R}$$

Donde:

Gc: Grado de curvatura

R: Radio de curvatura

Resolviendo tenemos que:

$$Gc = \frac{1145.92}{2 * \pi * 30} = 6.079$$

4.7 Sobre ancho

Se entiende como sobre ancho a un aumento del ancho en las curvas, este permitirá circular por la curva y no tener problemas de ocupación de carril mientras siguen su trayectoria.

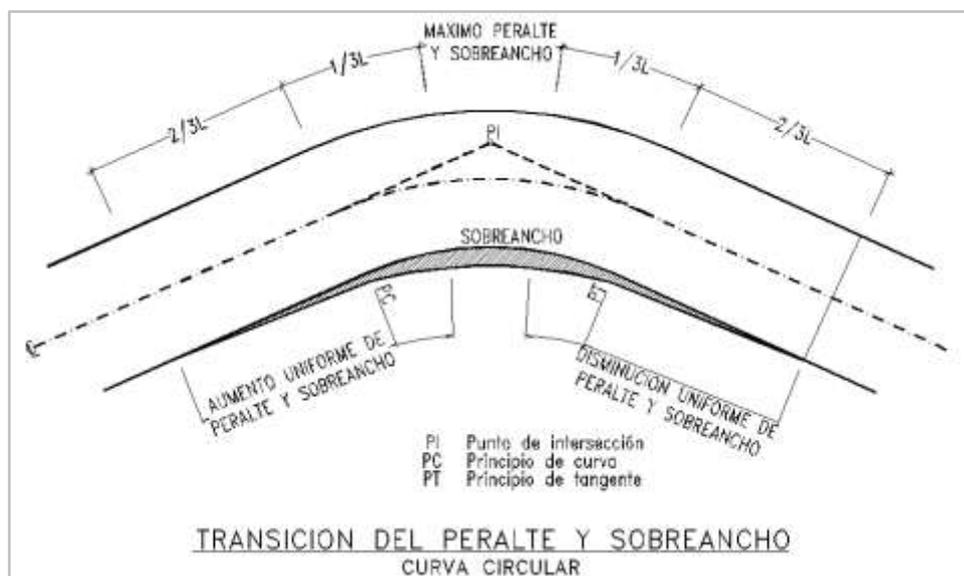


Figura 4.2. Transición de peralte y sobre ancho
Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

El sobre ancho se calcula mediante la fórmula:

$$E' = \frac{E}{L_e} * L$$

En donde:

E' = sobre ancho de una sección que está a un metro de "TE" (m)

Le = Longitud de la espiral

E = Sobre ancho total en curva (m)

I = Distancia considerada desde el "TE" para establecer E'. (m)

CAPITULO 5

DISEÑO VERTICAL DE LA VÍA

El diseño vertical de la vía, depende totalmente de la topografía del terreno, la velocidad de diseño y el valor económico que tendrá cada variación de terreno que se tenga.

Sin embargo, la vía actualmente estudiada, mantiene una pendiente constante y totalmente circulable durante su trayectoria sin inconvenientes, por lo que se decide obviar el diseño vertical de la vía por formulas y trabajar con valores mínimos, aun estos siendo inferiores a los recomendados por el M.T.O.P. pero garantizando la circulación y comodidad por la misma.

Esto se debe a que, si se realiza una pequeña variante en el terreno, puede tener como respuesta un gran impacto sobre el costo total de la vía. Para fines pedagógicos se realizara el procedimiento de cálculo.

5.1 Diseño vertical de la vía.

Para empezar el cálculo, lo primero que se ha de determinar es el valor de gradiente longitudinal máximo, para esto nos referiremos al Manual de Normas de Diseño Geométrico del MTOP 2003.

Tabla 5.1. Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas (%).

Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas (porcentaje)							
Clase de carretera		Valor Recomendable			Valor Absoluto		
		Llano	Ondulada	Montañoso	Llano	Ondulada	Montañoso
R-I O R-II	> 8000 TPDA	2	3	4	3	4	6
I	3000 - 8000 TPDA	3	4	6	3	5	7
II	1000 - 3000 TPDA	3	4	7	4	6	8
III	300 - 1000 TPDA	4	6	7	6	7	9
IV	100 - 300 TPDA	5	6	8	6	8	12
V	<100 TPDA	5	6	8	6	8	14

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

Para una gradiente mayor al 8 %, se presenta una longitud de desarrollo máxima:

Tabla 5.2. Longitudes máximas de desarrollo a gradientes superiores al 8%

Rango de gradientes	Longitudes Máximas De desarrollo (m)
8 - 10%	1000
10 - 12%	500
12 - 14%	250

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

5.2 Curvas verticales

Existen curvas asimétricas y simétricas, así mismo hay convexas y cóncavas, pero la que más se utiliza, es la que se asemeja a una curva circular, la parabólica.

Las ordenas de la parábola se calcula mediante la fórmula:

$$Y = \left[\frac{2 * X}{L} \right]^2 * h$$

Donde:

h= la ordenada máxima en el punto PIV.

$$h = \frac{A * L}{800}$$

Donde:

A: diferencia de gradientes (%)

X: Distancia horizontal desde el punto de tangencia a la ordenada (m)

L: Longitud de la curva (m)

5.3 Curvas Asimétricas

Estas curvas son usadas mayormente cuando se trata de ajustar la curva al perfil del terreno existente (rasante).

Para el cálculo de estas curvas son necesarios estos datos:

Gradiente tanto de entrada como de salida

Abscisa y cota del PIV

Longitudes PCV-PIV y PIV-PTV

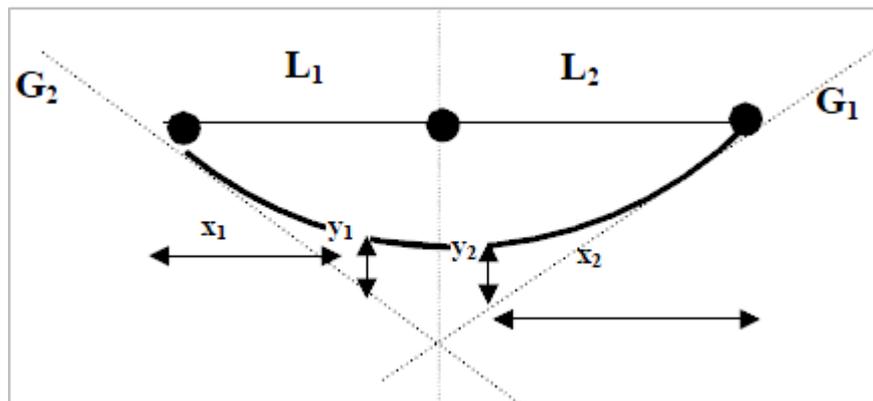


Figura 5.1. Elementos de una curva Asimétrica
Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

Por fórmula estas se calculan de la siguiente manera:

$$A = G_2 - G_1$$

$$Y_1 = \frac{A}{L_1 + L_2} * \frac{L_2}{L_1} * \frac{X_1^2}{200}$$

$$Y_2 = \frac{A}{L_1 + L_2} * \frac{L_1}{L_2} * \frac{X_2^2}{200}$$

5.4 Curvas Simétricas

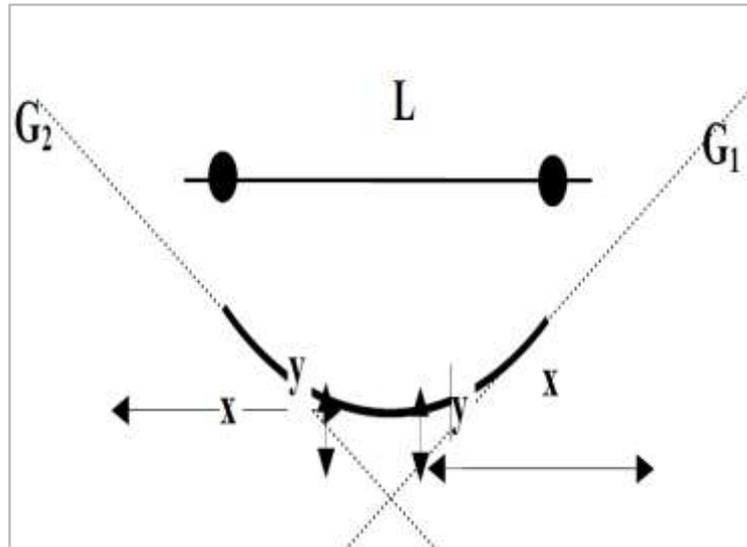


Figura 5.2. Elementos de una curva Simétrica.
Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

Para el cálculo de las curvas asimétricas se usan las siguientes formulas

$$Y = \frac{A}{200 * L} * X^2 \quad (\text{ecu. 1})$$

$$H = \frac{A * L}{800} \quad (\text{ecu. 2})$$

En donde:

L: Longitud de la curva (m)

A: Diferencia de las gradientes (%).

X, Y: Datos de las coordenadas de la curva vertical (m).

CAPITULO 6

DRENAJE

Para diseñar el drenaje longitudinal y transversal de la vía, se ha de realizar un estudio hidrológico, de esta manera podremos realizar un diseño de sistema de drenaje vial eficiente para la evacuación de aguas pluviales.

La función principal del sistema de drenaje, es remover el agua proveniente de lluvias sobre la vía y de áreas adyacentes a esta, de esta manera se prevendrá daños a la estructura del pavimento diseñada anteriormente.

6.1 Estaciones meteorológicas

El objetivo de una estación meteorológica es, determinar y guardar los valores máximos de las intensidades de lluvia registradas en periodos de tiempos. De esta manera, se cuenta con datos estadísticos que haciendo uso de fórmulas, se puede estimar el caso más desfavorable para nuestro diseño con cierto grado de confiabilidad.

6.2 Ubicación del proyecto en función de las estaciones meteorológicas.

Se han tomado como base, los datos registrados por el INAMHI, de esta manera, se pudo identificar la estación meteorológica y los datos de precipitación, más cercana al proyecto.

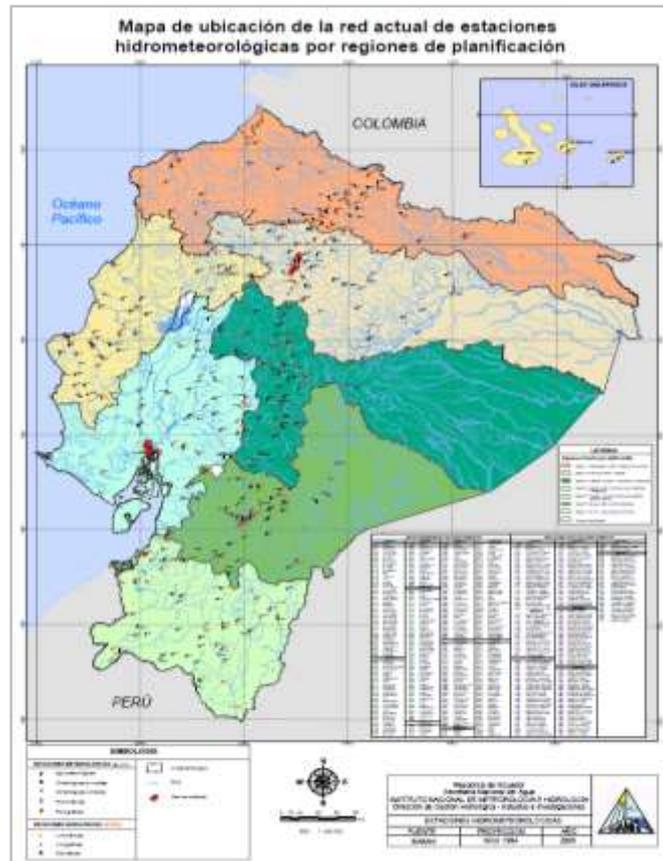


Figura 6.1. Mapa de ubicación de las Estaciones Meteorológicas por regiones.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, 2007

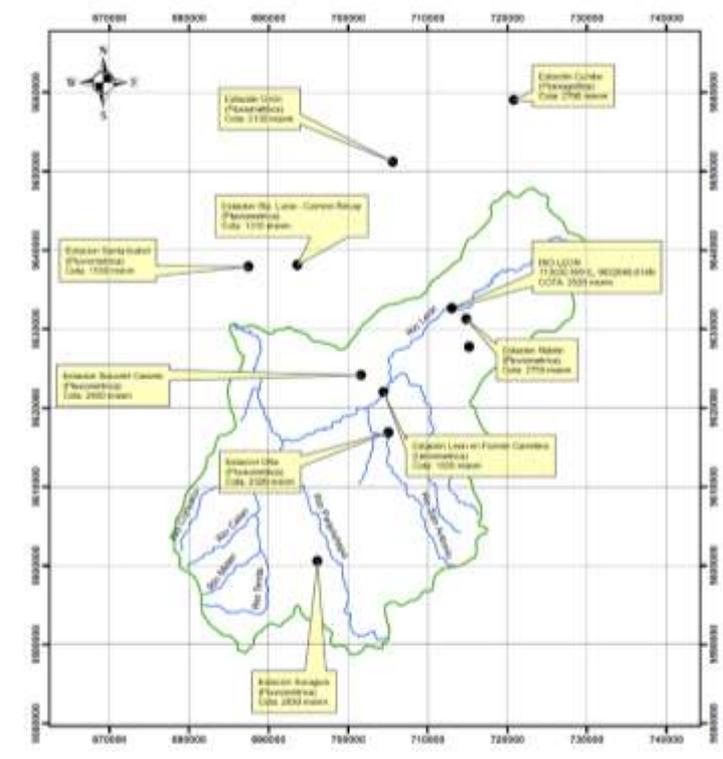


Figura 6.2. Ubicación Geográfica de las Estaciones.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, 2007

La estación meteorológica que se encuentra cerca a nuestra área de estudio es la estación M420 - Nabón, de ésta, se tomaran los datos para nuestro diseño.

Tabla 6.1. Datos Estación Meteorológica Nabón

Cantón	Nabón
Elevación	2750 msnm
Fecha de Instalación	01-may-63
Latitud	032002S
Longitud	7900358W
Código	M420
Nombre	NABON INAMHI
Tipo	PV
Provincia	Azuay
Estado	Funcionando

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, 2007

De esta estación se obtuvieron los siguientes registros:

Tabla 6.2. Máximas Precipitaciones Históricas

Año	Datos
1990	16.2
1991	17.3
1992	18.7
1993	25.9
1995	28.9
1997	30.3
2000	32.7
2002	30.2
2003	34.4
2004	24.3
2005	30
2007	40.7
2009	25.7

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, 2007

Estos valores corresponden a la máxima precipitación 24 horas registrada en cada año correspondiente.

6.3 Determinación de la precipitación de diseño para 50 y 100 años de periodo de retorno.

El Período de Retorno es el tiempo probable entre dos sucesos improbables y con posibles efectos catastróficos. El M.T.O.P presenta los valores de periodos de retorno según la categoría de la vía.

Tabla 6.3. Periodo de retorno para diferentes tipos de carretera

CARRETERAS	PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)
ARTERIALES	200
COLECTORAS	150
VECINALES	100

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Publicas M.T.O.P, 2003.

Lo que se hace en estos casos, es un análisis estadístico, con los registros históricos obtenidos, y estos se proyectan para diferentes periodos de retorno. Estos tiempos regularmente son de 5, 10, 25, 50, 100 años. Existen varios métodos para las proyecciones, pero la más usada y con buenos resultados es el método de Gumbel, y esta se aplicó para nuestra investigación.

6.4 Análisis de precipitación máximas 24h. “Método Gumbel”

Este método, es el más confiable, a pesar de que existen otros, debido a sus buenos resultados obtenidos.

La fórmula para hallar la función de probabilidad es la siguiente:

$$x = \mu - \alpha [\ln(-\ln(F(x)))]$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} s}{\pi}$$

$$\mu = \tilde{x} - 0.5772 \alpha$$

Dónde:

μ = Parámetro de ubicación moda.

α = Parámetro de escala.

s = Desviación estándar.

\bar{x} = Media aritmética.

Aplicando la fórmula y los datos de precipitación indicada anteriormente se obtuvo los siguientes valores:

Tabla 6.4. Probabilidad de Gumbel

media	desviación típica	n
27.33076923	7.05376786	13
Alfa	beta	
5.50	24.15628453	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.5. Precipitación proyectada para diferentes periodos de retorno

Periodo (años)	Precipitación	Prob. de Ocurrencia
2	26.17	0.5
5	32.41	0.8
10	36.53	0.9
25	41.75	0.96
50	45.62	0.98
100	49.46	0.99
200	53.28	0.995
500	58.33	0.998

Fuente: Elaboración Propia

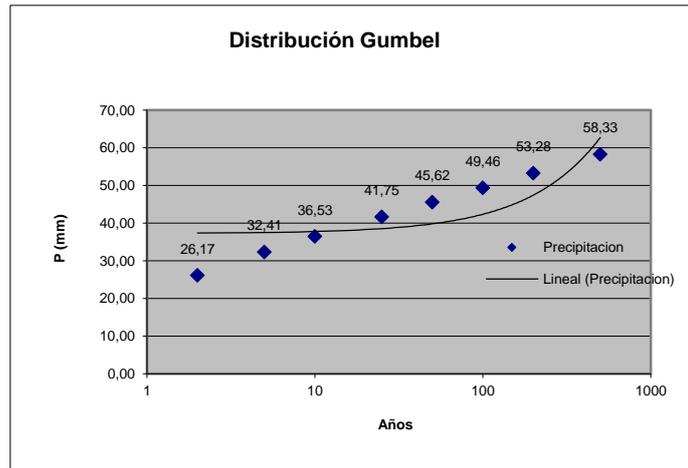


Figura 6.3. Distribución Gumbel
Fuente: Elaboración Propia

Tomaremos un Periodo de Retorno de 25 años, ya que el proyecto tratado tendrá alrededor de una vida útil del mismo tiempo.

6.5 Tiempo de concentración.

Se entiende como tiempo de concentración, al tiempo necesario para que una gota de agua fluya desde el punto más alto de la cuenca hasta el punto de interés.

Para determinar el tiempo de concentración (T_c) para el diseño de cunetas, usaremos la fórmula de Kirpich (1940) que se define como:

$$T_c = 0,0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

Dónde:

L: Longitud del cauce.

H: Diferencia de nivel de los puntos extremos del curso de agua.

Tabla 6.6. Tc para diferentes puntos de la vía

Tiempo de concentración			
	Longitud del trayecto	Desnivel	Tiempo de concentración (min)
Parqueadero	450	82	4.146452853
Entrada	263	50	2.697615505
Medio Trayecto.	144	50	1.34536411

Fuente: Elaboración propia

6.6 Intensidad de precipitación.

Para nuestro diseño usaremos las ecuaciones definidas por el instituto de Hidrología y Meteorología del Ecuador (INAMHI) del año 1999. Estas ecuaciones nos dan como resultado las intensidades para diferentes periodos de retorno.

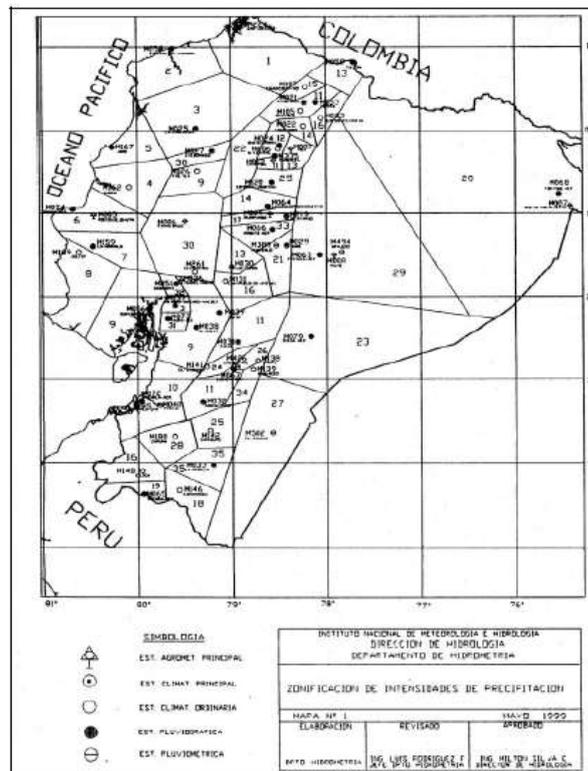


Figura 6.4. Mapa de zonificación de Intensidades de Precipitación.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, 2007

La zona que corresponde a nuestro proyecto se encuentra en la Zona 11 o en la zona de la estación M420 correspondiente al Cantón Nabón.

Las ecuaciones que corresponden a la Zona 11 para duración de precipitaciones entre 5<50min es:

$$I_{TR} = 104.32 * t^{-0.4041} * Id_{TR}$$

Dónde:

I_{TR} = Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno en mm/h.

Id_{TR} = Intensidad diaria para un periodo de retorno dado en mm/h.

TR = Periodo de retorno.

t = Tiempo de duración de la lluvia en minutos.

Para tiempos de concentración 5 min < 50 min.

Debido a que el Tc calculado anteriormente, es menor a 5 min, usaremos este (5min) que es el recomendado por el INAMHI.

La intensidad de precipitación obtenida aplicando la ecuación son las siguientes:

Tabla 6.7. Intensidad de precipitación

Precipitación Máxima 24h, 25 años	Intensidad Diaria	Tc Utilizado (min)	Intensidad de precipitación (mm/h)
41.75	1.9	5	103.43

Fuente: Elaboración propia

6.7 Cálculo de los caudales máximos.

Para determinar el caudal de diseño, usaremos la ecuación racional:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q: Caudal máximo probable de la cuenca (m³/seg).

C: Coeficiente de escurrimiento.

I: Intensidad de la lluvia (mm/h).

A: Área de aporte de la cuenca (Ha).

La siguiente tabla presenta el coeficiente de escorrentía cuando se realiza el diseño por el método racional.

Tabla 6.8. Valores de escorrentía para cobertura vegetal diferentes.

Coeficiente de escorrentía "C"						
Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		< 50 %	> 50 %	> 20 %	> 5 %	> 1 %
Sin vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cultivos	Impermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
Pastos y vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
Hierba y grama	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
Bosques y vegetación densa	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Fuente: Ministerio De Transportes y Obras Publicas M.T.O.P, 2003.

Para nuestro caso usaremos un C=0.15 en lo que corresponde al coeficiente del talud, y para la calzada usaremos un C=0.65 sacado de las tablas de coeficientes de escorrentía de Aparicio 1999.

Entonces tenemos que:

Tabla 6.9. Caudales según la superficie y áreas de influencia

Calculo de caudales									
Longitud	S (%)	Area Parcial	Area Parcial	Coefficiente	Coefficiente	Intensidad (mm/hr)	Caudal via	Caudal hidrologico	Caudal Total (m ³ /seg)
		Ha	Ha	C	C		(m ³ /seg)	(m ³ /seg)	
m		talud	calzada	Talud	calle asfaltada		(C*i*A)/360	(C*j*A)/360	
25	7.3	0.0875	0.005	0.15	0.65	103.43	0.000933743	0.003770885	0.0047
20	-3.37	0.07	0.004	0.15	0.65	103.43	0.000746994	0.003016708	0.0038
49.41	-0.62	0.172935	0.009882	0.15	0.65	103.43	0.00184545	0.007452778	0.0093
105.59	-10	0.369565	0.021118	0.15	0.65	103.43	0.003943757	0.015926712	0.0199
125	-12.88	0.4375	0.025	0.15	0.65	103.43	0.004668715	0.018854427	0.0235
65	-14.06	0.2275	0.013	0.15	0.65	103.43	0.002427732	0.009804302	0.0122
47.41	-11.68	0.165935	0.009482	0.15	0.65	103.43	0.00177075	0.007151107	0.0089
50.78	-4.26	0.17773	0.010156	0.15	0.65	103.43	0.001896619	0.007659422	0.0096
21.8	-7.67	0.0763	0.00436	0.15	0.65	103.43	0.000814224	0.003288212	0.0041
								Qmax=	0.0235

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 7

CALCULO DE CUNETAS

Para el dimensionamiento de las cunetas, es necesario que estas mantengan la misma pendiente longitudinal vial, aunque cabe destacar que hay ocasiones en las cuales es necesario variar estas para mejorar rendimiento de las cunetas. Para esto, el M.T.O.P. nos proporciona valores recomendados de velocidades máximos.

Gráfico 7.1. Velocidades máximas permisibles

Material	Velocidad (m/s)
Arena fina	0.45
Arcilla arenosa	0.5
Arcilla ordinaria	0.85
Arcilla firme	1.25
Grava fina	2
Pizarra suave	2
Grava gruesa	3.5
Zampeado	3.40 - 4.50
Roca sana	4.50 - 7.50
Hormigón	4.50 - 7.50

Fuente: Ministerio De Trasportes y Obras Publicas M.T.O.P., 2003.

Se usara para nuestro caso como límite superior una velocidad de 4.5 m/s, siendo esta la velocidad a la cual no se la debe exceder ya que nuestra cuneta será hormigón.

Existen varios tipos de cunetas, esto, depende ya del diseñador y pueden ser rectangulares, triangulares, trapezoidales y se han visto casos en las cuales se hacen uso de secciones circulares.

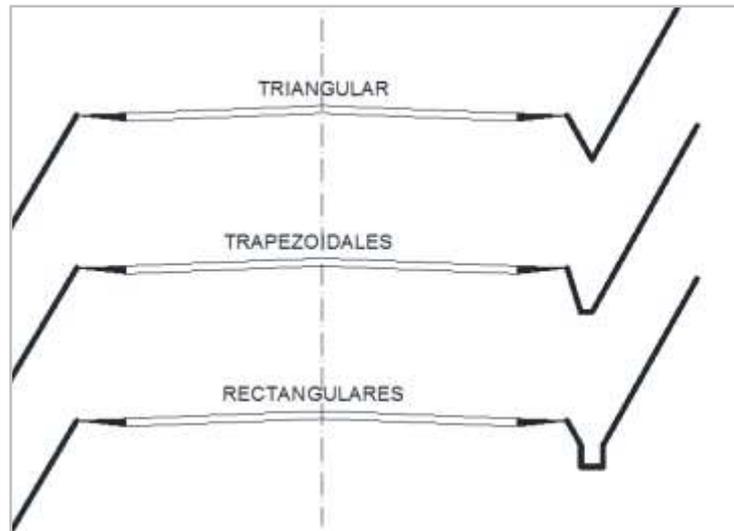


Figura 7.1. Tipos de cunetas longitudinales.
Fuente: Ministerio De Trasportes y Obras Publicas M.T.O.P, 2003.

La expresión que se usara para la determinación de la sección de la Manning:

$$Q = V * A = \frac{A^{5/3} * S^{1/2}}{n * P^{2/3}}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño (m³/s)

A = Área mojada de la sección (m²).

S = Pendiente (m/m).

n = Coeficiente de Rugosidad de Manning. (Valor en función del tipo de material, para nuestro caso n=0.014 para hormigón.)

Despejando de la formula el área (A), determinaremos la sección de la cuneta, usando el máximo caudal y comprobando con cada pendiente, para obtener de esta manera más conveniente.

Tabla 7.2. Velocidades según el tramo de vía

Caudal maximo (m ³ /seg)	Pendiente %	Seccion m2	Velocidad m/s
0.024	7.3	0.06	0.04
0.024	-3.37	0.075	0.31
0.024	-0.62	0.12	0.19
0.024	-10	0.05	0.44
0.024	-12.88	0.05	0.46
0.024	-14.06	0.049	0.48
0.024	-11.68	0.05	0.45
0.024	-4.26	0.07	0.33
0.024	-7.67	0.06	0.39

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera obtenemos las secciones transversales de las cunetas comprobando que su velocidad de circulación de agua no sea mayor a 4.5 m/s, sin embargo, para facilitar la construcción de las mismas se propone la siguiente cuneta que garantiza la evacuación de los caudales antes calculados. Esta estará dispuesta en toda la longitud de la vía y en ambos sentidos.

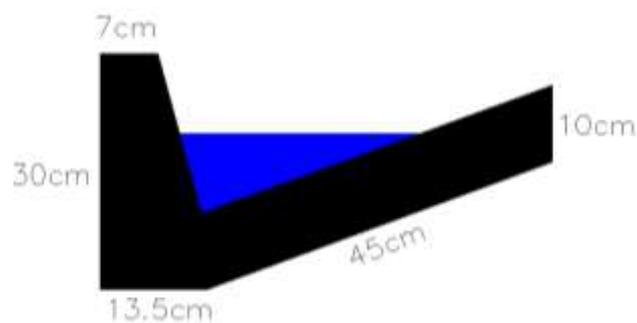


Figura 7.2. Cuneta Propuesta.

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 8

ALCANTARILLAS

Son obras de drenaje transversal de la vía, estas pueden ser de hormigón, PVC o metálicas y recogen el agua proveniente de las cunetas. Para un diseño apropiado, se debe evitar pendientes de salida muy pronunciadas, ya que estas pueden generar erosión en el suelo o de obras hidráulicas.

El agua recogida por las alcantarillas se evacua en puntos ya establecidos, donde se encuentran quebradas que facilitan el desfogue de estas, de esta manera se optimizara los diámetros de las alcantarillas.

Tomando en cuenta lo anteriormente dicho, se procede al cálculo de estas. El M.T.O.P recomienda un diámetro mínimo de 1200 mm, pero se considera que este diámetro está sobredimensionado para nuestro proyecto, con lo que se optara con un diámetro de 400mm en PVC. Además se recomienda usar la sumatoria de los caudales de todas las cunetas.

Tomando en cuenta esto, se tiene lo siguientes resultados verificando si la tubería puede llevar el caudal mencionado y a las velocidades permisibles.

Tabla 8.1. Resultados Obtenidos para selección de alcantarillado

Diámetro	0.4	m
Caudal	0.13	m³/s
Rugosidad	0.009	
Max. Pendiente	0.02	m/m
Área Hidráulica	0.10	m²
Perímetro Mojado	0.88	m²
Radio Hidráulico	0.012	m²
Velocidad	1.22	m/s

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto la alcantarilla trabaja de manera adecuada tomando en cuenta que la tubería no trabaja a sección llena y que la sumatoria de los caudales de las cunetas es $0.096 \text{ m}^3/\text{s}$ menor $0.13 \text{ m}^3/\text{s}$. Las alcantarillas estarán ubicadas respectivamente en las abscisas 0+165, 0+320 y 0+510, se detallan las características de las alcantarillas en los planos anexados al documento.

CAPITULO 9**PRESUPUESTO****9.1 Presupuesto general.**

PRESUPUESTO						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1		OBRAS PRELIMINARES				1737.07
1.001	502003	Desbroce y limpieza del terreno	m2	1540	0.85	1309
1.002	501012	Replanteo de 0 - 1.00 km	km	0.77	555.94	428.07
2		MOVIMIENTO DE TIERRAS.				3005.26
2.001	504030	Excavación a máquina	m3	780.92	2.64	2061.63
2.002	504004	Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material sin clasificar, cuchara 40 cm	m3	57.009	3.47	197.82
2.003	506014	Cargado de material con retroexcavadora	m3	57.009	2.52	143.66
2.004	506009	Desalojo de materiales hasta 6 km, Incluye transporte y cargado manual	m3	71.26	8.45	602.15
3		DRENAJE				18806.54
3.001	527010	Replanto de piedra e = 15 cm	m2	18.09	9.13	165.16
3.002	520032	Cama de arena base de tuberías	m3	1.809	38.86	70.3
3.003	515051	Tubería PVC para alcantarillado D=400mm	ml	20.1	48.24	969.62
3.004	512036	Encofrado recto	m2	150	8.36	1254
3.005	507002	Hormigón Simple f'c = 210 kg/cm2	m3	118.52	137.93	16347.46
4		CABEZALES DE ALCANTARILLA				2023.2
4.001	507001	Hormigón Simple f'c = 180 kg/cm2 incluye encofrado	m3	4	134.69	538.76
4.002	513003	Acero de refuerzo, fy=4200Kg/cm2	kg	745.95	1.99	1484.44
5		PAVIMENTO				192764.59
5.001	505013	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	324.36	26.81	8696.09
5.002	505001	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	3850	1.73	6660.5
5.003	505004	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	770	32	24640
5.004	505005	Base conformación y compactación con equipo pesado	m3	770	31.55	24293.5
5.005	530024	Adoquín de hormigón	m2	3850	33.37	128474.5
6		SEÑALIZACION				487.12
6.001	531001	Señalización vertical	u	4	121.78	487.12
SUBTOTAL						218823.78
					12.00%	26258.85
TOTAL						245082.63

DOSCIENTOS CUARENTA Y CINCO MIL OCHENTA Y DOS CON 63/100 DÓLARES

Son:

9.2 Análisis de Precios Unitarios.

RUBRO: Desbroce y limpieza del terreno

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	4	0.8	3.2	0.04	0.13
SUBTOTAL M					0.13
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	4	3.26	13.04	0.04	0.52
Técnico obras civiles	1	3.48	3.48	0.016	0.06
SUBTOTAL N					0.58
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.71
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					0.14
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.85
VALOR OFERTADO					0.85

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Replanteo de 0 - 1.00 km**UNIDAD:** km**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Equipo de topografía	2	3	6	16	96
Herramientas varias	1	0.8	0.8	16	12.8
Vehículo Liviano	1	3.5	3.5	16	56
SUBTOTAL M					164.8
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.26	6.52	16	104.32
Cadenero	2	3.3	6.6	16	105.6
Topógrafo 2: título y experiencia mayor a 5 años	1	3.66	3.66	16	58.56
SUBTOTAL N					268.48
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Estacas con pintura	u	20	1.5	30	
SUBTOTAL O					30
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					463.28
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					92.66
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					555.94
VALOR OFERTADO					555.94

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Excavación a máquina**UNIDAD:** m3**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Retroexcavadora	1	25	25	0.06	1.5
SUBTOTAL M					1.5
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.26	6.52	0.06	0.39
Operador de retroexcavadora	1	3.66	3.66	0.06	0.22
Técnico obras civiles	1	3.48	3.48	0.025	0.09
SUBTOTAL N					0.7
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.2
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					0.44
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.64
VALOR OFERTADO					2.64

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material sin clasificar, cuchara 40 cm**UNIDAD:** m3**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Retroexcavadora	1	25	25	0.08	2
SUBTOTAL M					2
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.26	6.52	0.08	0.52
Operador de retroexcavadora	1	3.66	3.66	0.08	0.29
Técnico obras civiles	1	3.48	3.48	0.024	0.08
SUBTOTAL N					0.89
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.89
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					0.58
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					3.47
VALOR OFERTADO					3.47

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Cargado de material con retroexcavadora**UNIDAD:** m3**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Retroexcavadora	1	25	25	0.06	1.5
SUBTOTAL M					1.5
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.26	6.52	0.06	0.39
Operador de miniexcavadora / minicargadora con sus aditamentos	1	3.48	3.48	0.06	0.21
SUBTOTAL N					0.6
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.1
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					0.42
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.52
VALOR OFERTADO					2.52

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Desalojo de materiales hasta 6 km, Incluye transporte y cargado manual**UNIDAD:** m3**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Carretilla	1	0.05	0.05	0.16	0.01
Volqueta 8 m3	1	25	25	0.16	4
SUBTOTAL M					4.01
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	4	3.26	13.04	0.16	2.09
Chofer volquetas (Estr. Oc. C1)	1	4.79	4.79	0.04	0.19
SUBTOTAL N					2.28
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Pago por concepto de disposición de materiales en escombrera	m3	1	0.75	0.75	
SUBTOTAL O					0.75
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					7.04
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					1.41
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					8.45
VALOR OFERTADO					8.45

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Replantillo de piedra e = 15 cm**UNIDAD:** m2**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	1	0.8	0.8	0.35	0.28
SUBTOTAL M					0.28
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.26	6.52	0.35	2.28
Albañil	1	3.3	3.3	0.35	1.16
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.66	3.66	0.035	0.13
SUBTOTAL N					3.57
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Grava puesta en obra	m3	0.02	20	0.4	
Piedra puesta en obra	m3	0.16	21	3.36	
SUBTOTAL O					3.76
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					7.61
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					1.52
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9.13
VALOR OFERTADO					9.13

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Cama de arena base de tuberías**UNIDAD:** m3**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	1	0.8	0.8	3	2.4
SUBTOTAL M					2.4
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.26	3.26	3	9.78
SUBTOTAL N					9.78
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Arena puesta en obra	m3	1.01	20	20.2	
SUBTOTAL O					20.2
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					32.38
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					6.48
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					38.86
VALOR OFERTADO					38.86

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Tubería PVC para alcantarillado D=400mm**UNIDAD:** ml**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	1	0.8	0.8	0.32	0.26
SUBTOTAL M					0.26
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.26	3.26	0.32	1.04
Albañil	1	3.3	3.3	0.32	1.06
Técnico obras civiles	1	3.48	3.48	0.064	0.22
SUBTOTAL N					2.32
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Polilimpia	litro	0.05	10.16	0.51	
Materiales varios	Global	1	1	1	
Tubería PVC para alcant. D= 400 mm	m	1	36.11	36.11	
SUBTOTAL O					37.62
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					40.2
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					8.04
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					48.24
VALOR OFERTADO					48.24

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Encofrado recto**UNIDAD:** m2**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	2	0.8	1.6	0.2	0.32
SUBTOTAL M					0.32
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Albañil	1	3.3	3.3	0.2	0.66
Peón	2	3.26	6.52	0.2	1.3
Técnico obras civiles	1	3.48	3.48	0.02	0.07
SUBTOTAL N					2.03
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Pingos de eucalipto	m	3.5	0.49	1.72	
Tabla ordinaria de monte 28 x 2.5 x 300 cm	u	0.8	2.5	2	
Tiras de eucalipto 4 x 5 x 300 cm	u	0.5	1.14	0.57	
Clavos	kg	0.15	2.2	0.33	
SUBTOTAL O					4.62
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					6.97
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					1.39
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					8.36
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					8.36

RUBRO: Hormigón Simple f'c = 210 kg/cm²**UNIDAD:** m³**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Concretera un saco	1	4	4	0.76	3.04
Herramientas varias	5	0.8	4	0.76	3.04
SUBTOTAL M					6.08
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	5	3.26	16.3	0.76	12.39
Técnico obras civiles	1	3.48	3.48	0.38	1.32
SUBTOTAL N					13.71
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cemento Portland Tipo I puesto en obra	saco	7.5	7.22	54.15	
Arena puesta en obra	m ³	0.6	20	12	
Grava puesta en obra	m ³	1	20	20	
Agua	lt	180	0.05	9	
SUBTOTAL O					95.15
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					114.94
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					22.99
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					137.93
VALOR OFERTADO					137.93

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Hormigón Simple f'c = 180 kg/cm2 incluye encofrado**UNIDAD:** m3**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Concreteira un saco	1	4	4	0.75	3
Herramientas varias	5	0.8	4	0.75	3
Vibrador	1	2.5	2.5	0.75	1.88
SUBTOTAL M					7.88
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	5	3.26	16.3	0.75	12.23
Técnico obras civiles	1	3.48	3.48	0.375	1.31
SUBTOTAL N					13.54
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Cemento Portland Tipo I puesto en obra	saco	6.9	7.22	49.82	
Arena puesta en obra	m3	0.6	20	12	
Grava puesta en obra	m3	1	20	20	
Agua	lt	180	0.05	9	
SUBTOTAL O					90.82
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					112.24
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					22.45
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					134.69
VALOR OFERTADO					134.69

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Acero de refuerzo, fy=4200Kg/cm2**UNIDAD:** kg**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	2	0.8	1.6	0.05	0.08
SUBTOTAL M					0.08
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.26	6.52	0.05	0.33
Fierrero	1	3.3	3.3	0.05	0.17
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.66	3.66	0.005	0.02
SUBTOTAL N					0.52
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Acero en varillas	kg	1.05	0.91	0.96	
Materiales varios	Global	0.025	1	0.03	
Alambre de amarre No. 18 negro recocido	kg	0.05	1.47	0.07	
SUBTOTAL O					1.06
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.66
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					0.33
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.99
VALOR OFERTADO					1.99

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Relleno compactado con material de mejoramiento**UNIDAD:** m3**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	1	0.8	0.8	0.5	0.4
Plancha vibratoria	1	4	4	0.5	2
SUBTOTAL M					2.4
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.26	6.52	0.5	3.26
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.66	3.66	0.05	0.18
SUBTOTAL N					3.44
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Material de mejoramiento puesto en obra	m3	1.32	12.5	16.5	
SUBTOTAL O					16.5
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					22.34
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					4.47
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					26.81
VALOR OFERTADO					26.81

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Subrasante conformación y compactación con equipo pesado**UNIDAD:** m2**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	50	50	0.0085	0.43
Rodillo Vibratorio	1	40	40	0.0085	0.34
Tanquero de agua	1	60	60	0.0085	0.51
SUBTOTAL M					1.28
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.26	6.52	0.0085	0.06
Operador de motoniveladora	1	3.66	3.66	0.0085	0.03
Operador de rodillo autopropulsado	1	3.48	3.48	0.0085	0.03
Chofer tanqueros (Estr. Oc. C1)	1	4.79	4.79	0.0085	0.04
SUBTOTAL N					0.16
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.44
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					0.29
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.73
VALOR OFERTADO					1.73

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Sub base conformación y compactación con equipo pesado**UNIDAD:** m3**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	50	50	0.035	1.75
Rodillo Vibratorio	1	40	40	0.015	0.6
Tanquero de agua	1	60	60	0.015	0.9
Herramientas varias	2	0.8	1.6	0.035	0.06
SUBTOTAL M					3.31
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	7	3.26	22.82	0.035	0.8
Operador de motoniveladora	1	3.66	3.66	0.035	0.13
Operador de rodillo autopropulsado	1	3.48	3.48	0.015	0.05
Chofer tanqueros (Estr. Oc. C1)	1	4.79	4.79	0.015	0.07
SUBTOTAL N					1.05
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Agua	lt	40	0.05	2	
Sub base puesta en obra	m3	1.31	15.5	20.31	
SUBTOTAL O					22.31
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					26.67
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					5.33
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					32
VALOR OFERTADO					32

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Base conformación y compactación con equipo pesado**UNIDAD:** m3**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	50	50	0.035	1.75
Rodillo Vibratorio	1	40	40	0.015	0.6
Tanquero de agua	1	60	60	0.015	0.9
Herramientas varias	2	0.8	1.6	0.035	0.06
SUBTOTAL M					3.31
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	7	3.26	22.82	0.035	0.8
Operador de motoniveladora	1	3.66	3.66	0.035	0.13
Operador de rodillo autopropulsado	1	3.48	3.48	0.015	0.05
Chofer tanqueros (Estr. Oc. C1)	1	4.79	4.79	0.015	0.07
SUBTOTAL N					1.05
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Base Clase II	m3	1.32	15.1	19.93	
Agua	lt	40	0.05	2	
SUBTOTAL O					21.93
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					26.29
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					5.26
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					31.55
VALOR OFERTADO					31.55

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Adoquín de hormigón**UNIDAD:** m2**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Amoladora	1	0.19	0.19	0.55	0.1
Herramientas varias	1	0.8	0.8	0.55	0.44
SUBTOTAL M					0.54
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	3	3.26	9.78	0.55	5.38
Albañil	1	3.3	3.3	0.55	1.82
Técnico obras civiles	1	3.48	3.48	0.22	0.77
SUBTOTAL N					7.97
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Adoquín de hormigón	m2	1	19.3	19.3	
SUBTOTAL O					19.3
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					27.81
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					5.56
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					33.37
VALOR OFERTADO					33.37

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

RUBRO: Señalización vertical**UNIDAD:** u**DETALLE:**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Equipo de pintura	1	0.35	0.35	4	1.4
Equipo de suelda	1	1	1	4	4
Herramientas varias	1	0.8	0.8	4	3.2
SUBTOTAL M					8.6
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.26	3.26	4	13.04
Pintor	1	3.3	3.3	4	13.2
Maestro electrico/liniero/subestación	1	3.66	3.66	4	14.64
SUBTOTAL N					40.88
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Tool 1/25" (1.22x2.44 m)	plancha	0.11	17.1	1.88	
Angulo 25x25x4mm (1" x 1" x 3/16" x 6 m)	u	0.033	11.2	0.37	
Perfil C 80x40x2mm, 6m	u	0.42	17.04	7.16	
Pintura esmalte	gl	0.02	15.78	0.32	
Pintura anticorrosiva	gl	0.04	17.7	0.71	
Sello para señalizacion vertical	u	1	38	38	
Suelda	kg	1	3.56	3.56	
SUBTOTAL O					52
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					101.48
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					20.3
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					121.78
VALOR OFERTADO					121.78

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

9.3 Cronograma Valorado.

RUBRO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TIEMPO : MENSUAL			
				1	2	3	4
001. OBRAS PRELIMINARES							
Desbroce y limpieza del terreno	1540	0.85	1309	100.00000 % 1540 1309			
Replanteo de 0 - 1.00 km	0.77	555.94	428.07	100.00000 % 0.77 428.07			
002. MOVIMIENTO DE TIERRAS.							
Excavación a máquina	780.92	2.64	2061.63	100.00000 % 780.92 2061.63			
Excavación retroexcavadora, zanja 0-2 m, material sin clasificar, cuchara 40 cm	57.009	3.47	197.82	100.00000 % 57.009 197.82			
Cargado de material con retroexcavadora	57.009	2.52	143.66	100.00000 % 57.009 143.66			
Desalojo de materiales hasta 6 km, Incluye transporte y cargado manual	71.26	8.45	602.15	100.00000 % 71.26 602.15			
003. DRENAJE							
Replanteo de piedra e = 15 cm	18.09	9.13	165.16	100.00000 % 18.09 165.16			
Cama de arena base de tuberías	1.809	38.86	70.3	100.00000 % 1.809 70.3			
Tubería PVC para alcantarillado D=400mm	20.1	48.24	969.62	100.00000 % 20.1 969.62			
Encofrado recto	150	8.36	1254	100.00000 %			

				150			
				1254			
Hormigón Simple f'c = 210 kg/cm2	118.52	137.93	16347.46	89.80571 %	10.19429 %		
				106.43773	12.08227		
				14680.95	1666.51		
004. CABEZALES DE ALCANTARILLA							
Hormigón Simple f'c = 180 kg/cm2 incluye encofrado	4	134.69	538.76		100.00000 %		
					4		
					538.76		
Acero de refuerzo, fy=4200Kg/cm2	745.95	1.99	1484.44		100.00000 %		
					745.95		
					1484.44		
005. PAVIMENTO							
Relleno compactado con material de mejoramiento	324.36	26.81	8696.09		100.00000 %		
					324.36		
					8696.09		
Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	3850	1.73	6660.5		100.00000 %		
					3850		
					6660.5		
Sub base conformación y compactación con equipo pesado	770	32	24640		55.91418 %	44.08582 %	
					430.53919	339.46081	
					13777.25	10862.75	
Base conformación y compactación con equipo pesado	770	31.55	24293.5			100.00000 %	
						770	
						24293.5	
Adoquín de hormigón	3850	33.37	128474.5			23.73302 %	76.26698 %
						913.72127	2936.27873
						30490.88	97983.62
006. SEÑALIZACION							
Señalización vertical	4	121.78	487.12				100.00000 %
							4
							487.12
	INVERSION MENSUAL			21882.36	32823.55	65647.13	98470.74
	AVANCE PARCIAL EN %			9.99999 %	14.99999 %	29.99999 %	45.00001 %
	INVERSION ACUMULADA			21882.36	54705.91	120353.04	218823.78
	AVANCE ACUMULADO EN %			9.99%	24.99%	54.99%	100.00%

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- El diseño del pavimento articulado para la hacienda “El Gullán”, cumple con todos los requerimientos de comodidad y serviciabilidad, ya que está diseñada por normativas vigentes en nuestro medio.
- Es un factor muy importante contar con un diseño adecuado de una vía, ya que este nos priva de peligros y accidentes al momento de circular por ella, sin mencionar los beneficios que trae a los usuarios de la hacienda, ya que no solo incrementa la estética de las instalaciones, si no también mejora de manera notable al desarrollo de la misma.
- El diseño de la estructura del pavimento, fue realizado a base de una proyección de tráfico, siendo esta la más desfavorable, dado que la Universidad del Azuay no cuenta con datos estadísticos que faciliten un pre dimensionamiento. Sin embargo para proyectar el tráfico mencionado anteriormente, se basó en la cantidad y tipos de vehículos que ingresan normalmente a las instalaciones, y estos se llevaron a valores futuros.
- En la ejecución del trazado geométrico de la vía, siempre se mantuvo la idea de no afectar el entorno, ya que se pretende conservar la flora del lugar, de esta manera, se mantuvo el alineamiento actual de la vía, ya que esta se encuentra en servicio durante varios años sin presentar inconvenientes, es por eso, que se aplicó técnicas de mejoramiento para su geometría actual, dejando establecidos radios de giros, peralte transversal y longitudinal, además de un diseño para la implementación de drenes transversales y longitudinales en la vía.

- Finalmente para concluir, es muy importante la consideración de la implementación de un pavimento, ya que sin él, la erosión de la calzada se maximizara con el pasar del tiempo y los riesgos de un deterioro total se incrementaran.

Recomendaciones:

- Mantener el trazado de la vía propuesto con sus características geométricas ya que éste, es el más económico entre otros posibles trazados que se le pueda dar a la misma.
- Al momento de construir las obras de drenaje, ejecutar de manera que cumpla lo establecido en este estudio, porque estos cumplen con las normativas vigentes y está basado en un estudio hidrológico.
- Construir la calzada con sus espesores propuestos, ya que estos garantizan la durabilidad durante el periodo diseñado.
- Se recomienda que al momento de ejecutar la obra, se actualicen los precios de cada rubro, estos pueden estar sometidos a un incremento del costo, dependiendo del año que se pretenda realizar.

BIBLIOGRAFÍA

AASHTO, M. (1993). *Diseño Estructural de caminos*.

Agudelo, O. (s.f.). *Diseño Geometrico de vías ajustado al manual colombiano*.
Colombia.

Chacón, N. M. (2010). *Topografía Aplicada*.

Das, B. M. (2001). *Límite Plástico. En Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica*.
Estados Unidos: California.

Dorca, F. (2011). *Diseño Hidrológico (2da Ed)*.

MTOP. (2003). *Normas de diseño geometrico de carreteras*. Ecuador.