



**U N I V E R S I D A D   D E L   A Z U A Y**

**F A C U L T A D   D E   C I E N C I A   Y   T E C N O L O G Í A**

**E S C U E L A   D E   I N G E N I E R Í A   C I V I L   Y   G E R E N C I A   D E  
C O N S T R U C C I O N E S**

**D i s e ñ o   d e   u n   t r a m o   v i a l ,   o b r a s   c o m p l e m e n t a r i a s   d e  
i n g e n i e r í a   y   p r e s u p u e s t o   d e   c o n s t r u c c i ó n   d e   u n a   c a r r e t e r a  
r u r a l ,   a p l i c a d a   a   l a   v í a   C a u q u i l - P a r c u s p a m b a ,  
p e r t e n e c i e n t e   a l   c a n t ó n   G i r ó n   ( 2 k m )**

**T r a b a j o   d e   g r a d u a c i ó n   p r e v i o   a   l a   o b t e n c i ó n   d e l   t í t u l o   d e   I n g e n i e r o   C i v i l   c o n  
é n f a s i s   e n   G e r e n c i a   d e   C o n s t r u c c i o n e s**

**A U T O R**

**J u a n   F e r n a n d o   T o r r e s   M a l d o n a d o**

**D I R E C T O R**

**P a b l o   A n d r é s   C a r v a l l o   C o r r a l**

**C U E N C A ,   E C U A D O R**

**2 0 1 8**

## DEDICATORIA

El proyecto de grado, se lo dedico especialmente a mis padres: Patricio y Graciela, que apoyaron incondicionalmente mi vida universitaria; a mi esposa e hijo Martín que es mi motivación para salir adelante todos los días.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                     | 5  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                      | 6  |
| ÍNDICE DE ANEXOS .....                                      | 7  |
| CAPÍTULO I .....                                            | 4  |
| 1. GENERALIDADES .....                                      | 4  |
| 1.2 Introducción .....                                      | 4  |
| 1.3 Aspectos físicos .....                                  | 5  |
| 1.3.1 Ubicación .....                                       | 5  |
| 1.3.2 Ecología .....                                        | 6  |
| 1.3.2.1 Precipitación .....                                 | 6  |
| 1.3.2.2 Temperatura .....                                   | 7  |
| 1.3.3 Hidrología .....                                      | 8  |
| 1.3.4 Morfología .....                                      | 9  |
| CAPÍTULO II.....                                            | 11 |
| 2. ESTUDIOS PRELIMINARES.....                               | 11 |
| 2.1 Levantamiento topográfico .....                         | 11 |
| 2.2 Estudio de tránsito .....                               | 11 |
| 2.3 Análisis poblacional .....                              | 13 |
| 2.4 Proyección de la población .....                        | 15 |
| 2.4.1 Cálculo del TPDA .....                                | 16 |
| 2.5 Justificación del ORDEN de la vía.....                  | 24 |
| 2.7 Descripción topográfica .....                           | 26 |
| 2.8 Descripción geológica .....                             | 26 |
| 2.9 Análisis estructural geológico .....                    | 26 |
| CAPÍTULO III .....                                          | 29 |
| 3 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL, HORIZONTAL Y TRANSVERSAL..... | 29 |
| 3.1 Diseño de la vía .....                                  | 29 |
| 3.1.1 Topografía .....                                      | 29 |
| 3.1.2 Características humanas .....                         | 30 |
| 3.1.3 Categoría de la vía .....                             | 32 |
| 3.1.4 Velocidad de diseño .....                             | 32 |
| 3.1.6 Datos básicos: Distancias de visibilidades .....      | 34 |

|                   |                                                                                |    |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.9             | Datos básicos .....                                                            | 38 |
| ✓                 | Curvas circulares simples .....                                                | 38 |
| ✓                 | Radio mínimo .....                                                             | 47 |
| ✓                 | Longitud de curvas verticales .....                                            | 50 |
| ○                 | Taludes .....                                                                  | 53 |
| ○                 | Superficie de rodadura .....                                                   | 53 |
| CAPÍTULO IV ..... |                                                                                | 55 |
| 4                 | DISEÑO DE PAVIMENTOS. ....                                                     | 55 |
| 4.1               | Factores para el Diseño del Pavimento .....                                    | 56 |
| 4.1.1             | Suelos .....                                                                   | 56 |
| 4.1.2             | Toma de muestras .....                                                         | 56 |
| 4.1.3             | Características de los Suelos .....                                            | 57 |
| 4.1.4             | Clasificación de los Suelos .....                                              | 58 |
| 4.2               | Diseño de la Estructura de Pavimentos .....                                    | 59 |
| 4.2.1             | Estructuración de un pavimento flexible .....                                  | 60 |
| 4.2.1.1           | Subrogante .....                                                               | 61 |
| 4.2.1.2           | Sub-base .....                                                                 | 61 |
| 4.2.1.3           | Base .....                                                                     | 62 |
| 4.3               | Diseño de pavimento flexible .....                                             | 62 |
| 4.3.1             | Variables de tiempo .....                                                      | 63 |
| 4.3.2             | Confiabilidad (R) .....                                                        | 63 |
| 4.3.3             | Criterios de adopción de niveles de serviciabilidad .....                      | 64 |
| 4.3.4             | Período de Diseño .....                                                        | 65 |
| 4.3.5             | Desviación Estándar ( $S_0$ ) .....                                            | 65 |
| 4.3.6             | Módulo de Resilencia ( $M_r$ ) .....                                           | 65 |
| 4.3.7             | CBR de Diseño .....                                                            | 65 |
| 4.3.8             | Conversión de tránsito en ESALs .....                                          | 66 |
| 4.3.9             | Cálculo del número de ejes equivalentes de 8,2 Ton (W 18) .....                | 70 |
| 4.3.10            | Propiedades de los materiales del pavimento y determinación de espesores ..... | 70 |
| 4.3.11            | Calculo del SN .....                                                           | 71 |
| 4.3.12            | Coefficientes de drenaje .....                                                 | 72 |
| 4.3.13            | Estructura del pavimento flexible .....                                        | 72 |
| 4.3.14            | Coefficientes estructurales por capa .....                                     | 74 |
| 4.3.15            | Espesores de la estructura de la vía .....                                     | 78 |



|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| CAPÍTULO V .....                                                           | 83  |
| 5 OBRAS COMPLEMENTARIAS. ....                                              | 83  |
| 5.1 Estudio hidrológico .....                                              | 83  |
| 5.2 Estudio climático .....                                                | 85  |
| 5.2.1 Análisis de precipitaciones .....                                    | 85  |
| 5.2.1.1 Precipitación media mensual.....                                   | 86  |
| 5.2.1.2 Precipitación máxima en 24 horas .....                             | 87  |
| 5.3 Análisis de caudales .....                                             | 87  |
| 5.3.1 Sistema de drenaje de la vía .....                                   | 87  |
| 5.3.2 Ubicación y diseño de las alcantarillas de drenaje y cabezales ..... | 90  |
| 5.4 Alcantarillas.....                                                     | 91  |
| 5.4.1 Localización de las alcantarillas.....                               | 91  |
| 5.4.3 Velocidad de la corriente .....                                      | 92  |
| 5.4.4 Carga admisible a la entrada .....                                   | 93  |
| 5.4.5 Diseño hidráulico .....                                              | 93  |
| 5.4.6 Dimensionamiento hidráulico .....                                    | 97  |
| 5.4.7 Comprobación hidráulica .....                                        | 97  |
| 5.5 Cunetas.....                                                           | 98  |
| 5.5.1 Diseño hidráulico .....                                              | 99  |
| CAPÍTULO VI .....                                                          | 102 |
| 6 PRESUPUESTO .....                                                        | 102 |
| CONCLUSIONES .....                                                         | 105 |
| RECOMENDACIONES .....                                                      | 107 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                                                         | 108 |
| ANEXOS .....                                                               | 110 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 1. Ubicación del proyecto. ....                              | 6  |
| Fig. 2. Hidrografía general de la zona. ....                      | 8  |
| Fig. 3. Hidrografía del sector de estudio. ....                   | 9  |
| Fig. 4. Estadística vehicular al 2020. ....                       | 21 |
| Fig. 5. Mapa geológico general. ....                              | 28 |
| Fig. 6. Velocidad de proyecto, según tipo de vía. ....            | 33 |
| Fig. 7. Distancia de parada. ....                                 | 35 |
| Fig. 8. Distancia de visibilidad de rebasamiento. ....            | 36 |
| Fig. 9. Curva simple horizontal elementos. ....                   | 39 |
| Fig. 10. Peralte. ....                                            | 41 |
| Fig. 11. Factor de fricción lateral. ....                         | 42 |
| Fig. 12. Transición de Peralte y Sobre ancho en curvas. ....      | 47 |
| Fig. 13. Curva vertical elementos. ....                           | 49 |
| Fig. 14. Sección típica de vía tipo C3. ....                      | 52 |
| Fig. 15. Sección adoptada para la vía de Diseño. ....             | 53 |
| Fig. 16. Sección típica de un Pavimento Flexible. ....            | 61 |
| Fig. 17. CBR de diseño. ....                                      | 66 |
| Fig. 18. Estructura de pavimento flexible. ....                   | 73 |
| Fig. 19. Coeficiente estructural para el concreto asfáltico. .... | 75 |
| Fig. 20. Coeficiente estructural para la base. ....               | 76 |
| Fig. 21. Coeficiente estructural para la sub base. ....           | 77 |
| Fig. 22. Estructura de pavimento diseñada. ....                   | 82 |
| Fig. 23. Sistema Hídrico de la Provincia del Azuay. ....          | 84 |
| Fig. 24. Cuencas que pertenecen a la Provincia del Azuay. ....    | 84 |
| Fig. 25. Estaciones meteorológicas e hidrológicas. ....           | 85 |
| Fig. 26. Bombeo de sección tangente. ....                         | 89 |
| Fig. 27. Bombeo en sección curva. ....                            | 89 |
| Fig. 28. Rampa de descarga de agua. ....                          | 90 |
| Fig. 29. Alcantarilla modelo. ....                                | 91 |
| Fig. 30. Zonificación de la intensidad de precipitación. ....     | 95 |
| Fig. 31. Dimensiones típicas de cunetas triangulares. ....        | 99 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                     |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Tabla 1 Conteo de vehículos, semanas 18-24 enero 2017.....                                          | 13                              |
| Tabla 2 Datos censales por parroquia.....                                                           | 13                              |
| Tabla 2 Datos censales totales Cantón Girón..                                                       | 14                              |
| Tabla 4 Proyección de la población.....                                                             | 15                              |
| Tabla 5 Tasa de saturación (Modelo Logit).....                                                      | ¡Error! Marcador no definido.18 |
| Tabla 6 Tasas de crecimiento vehicular (Factores de conversión).....                                | 21                              |
| Tabla 7 Tráfico Actual, Desarrollado, Desviado, Proyectado y Generado.....                          | 23                              |
| Tabla 8 Clasificación Funcional de las vías en base al TPDA.....                                    | 24                              |
| Tabla 9 Clasificación tradicional de las carreteras según el MOP.....                               | 25                              |
| Tabla 10 Clasificación del terreno, según pendiente transversal.....                                | 30                              |
| Tabla 11 Relación Velocidad de diseño – Velocidad de operación .....                                | ¡Error! Marcador no definido.33 |
| Tabla 12 Cálculo de la distancia de visibilidad de parada ...                                       | ¡Error! Marcador no definido.5  |
| Tabla 13 Factores para cálculo de distancias mínimas.....                                           | 38                              |
| Tabla 14 Distancias mínimas de rebasamiento.....                                                    | ¡Error! Marcador no definido.   |
| Tabla 15 Radios mínimos de curvas horizontales .....                                                | 40                              |
| Tabla 16 Valor de Peralte .....                                                                     | 42                              |
| Tabla 17 Datos para cálculo de longitud de transiciones de peralte .....                            | 43                              |
| Tabla 18 Datos para cálculo de longitud de transiciones de peralte 2 .....                          | 44                              |
| Tabla 19 Datos para cálculo de sobre ancho.....                                                     | 45                              |
| Tabla 20 Sobre ancho para cada vehículo .....                                                       | 46                              |
| Tabla 21 Sobre ancho para cada vehículo .....                                                       | 49                              |
| Tabla 22 Sobre ancho para cada vehículo .....                                                       | 51                              |
| Tabla 23 Clasificación de la capa de rodadura por TPDA .....                                        | 53                              |
| Tabla 24 Clasificación de los suelos, según norma AASHTO y AUCS .....                               | 58                              |
| Tabla 25 Ancho de pavimento, establecido por el MOP del Ecuador .....                               | 59                              |
| Tabla 26 Períodos de diseño en función del tipo de vía .....                                        | 62                              |
| Tabla 27 Confiabilidad (R).....                                                                     | 62                              |
| Tabla 28 Valores de Desviación Estándar normal para niveles seleccionados de<br>confiabilidad ..... | 63                              |
| Tabla 29 Datos del lugar de toma de muestras para cálculo del CBR .....                             | 65                              |
| Tabla 30 Factores equivalentes de carga, eje simple.....                                            | 66                              |
| Tabla 31 Factores equivalentes de carga, eje Tándem .....                                           | 67                              |
| Tabla 32 Recuento de conteo de tráfico.....                                                         | 63                              |
| Tabla 33 Número de ESALs.....                                                                       | 63                              |
| Tabla 34 Factor de distribución por trocha (LD).....                                                | 69                              |
| Tabla 35 Número estructural para concreto, base y sub base .....                                    | 70                              |
| Tabla 36 Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular .....                              | 71                              |
| Tabla 37 Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles.....                                     | 71                              |
| Tabla 38 CBR para capas que conforman el pavimento flexible .....                                   | 73                              |
| Tabla 39 Cuadro de Resumen de espesores de capas de pavimento diseñadas .....                       | 81                              |
| Tabla 40 Precipitación media mensual.....                                                           | 85                              |

|                                                                    |       |
|--------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabla 41 Precipitaciones máximas en 24 horas .....                 | 86    |
| Tabla 42 Caudal total en alcantarillas .....                       | 91    |
| Tabla 43 Coeficiente de escorrentía (C) .....                      | 93    |
| Tabla 44 Caudales de escorrentía de área de influencia .....       | 95    |
| Tabla 45 Caudal de escorrentía de la calzada .....                 | 95    |
| Tabla 46 Caudales totales de alcantarillas .....                   | 96    |
| Tabla 47 Diámetros comerciales y dimensionamiento hidráulico ..... | 96    |
| Tabla 48 Comprobación hidráulica .....                             | 97    |
| Tabla 49 Caudal que escurre por la calzada .....                   | 99    |
| Tabla 50 Caudal que soporta la cuneta .....                        | 100   |
| Tabla 51 Presupuesto .....                                         | 10201 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| Anexo 1. Puntos topográficos .....                 | 110 |
| Anexo 2. Análisis de laboratorio .....             | 144 |
| Anexo 3. Comprobación de curvas horizontales ..... | 147 |
| Anexo 4. (Validación de curvas Verticales).....    | 149 |

**DISEÑO DE UN TRAMO VIAL, OBRAS COMPLEMENTARIAS DE  
INGENIERÍA Y PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DE UNA  
CARRETERA RURAL, APLICADA A LA VÍA CAUQUIL –  
PARCUSPAMBA, PERTENECIENTE AL CANTÓN GIRÓN (2KM)  
RESUMEN**

El presente trabajo de diseño vial corresponde al Tramo II de la vía rural que une las poblaciones de Cauquil con Parcuspamba. Se trata del diseño geométrico, diseño de la estructura vial, cantidades de obra y presupuesto y obras de arte como drenajes y alcantarillas. El trazado se lo realizó mediante el programa civil cad, así como el cálculo de las cantidades de obra en lo relacionado al movimiento de tierras (corte o rellenos). Lo relacionado con análisis de precios unitarios y presupuesto de obra mediante la utilización del programa computacional interpro. Los diseños realizados respetan las normas aplicables para el efecto, emitida por el Ministerio del Transporte y Obras Públicas y las leyes ecuatorianas.

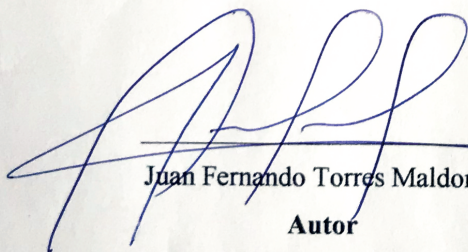
**Palabras Clave:** Tráfico promedio diario, pavimento Flexible, topografía, Ejes equivalentes y superficie de rodadura.



Pablo Andrés Carvallo Corral  
**Director del Trabajo de Titulación**



José Vázquez Calero  
**Coordinador de Escuela**



Juan Fernando Torres Maldonado  
**Autor**

**DESIGN OF A ROAD SECTION, COMPLEMENTARY WORKS OF  
ENGINEERING AND CONSTRUCTION BUDGET OF A RURAL ROAD APPLIED  
TO THE CAUQUIL-PARCUSPAMBA ROAD OF GIRÓN (2KM)**

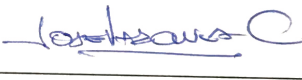
**ABSTRACT**

The present work of a road design corresponded to Section II of the rural road that joins the towns of Cauquil and Parcuspamba. The geometrical design, design of the road structure, quantities of work, budget and works such as drains and sewers were covered. The layout and the calculation of the quantities of work in relation to the movement of land (cuts or fillings) were made through the CivilCAD software. The analysis of unit prices and work budget was carried out using the Interpro computer program. The designs complied with the applicable norms for the effect issued by the Ministry of Transport and Public Works and the Ecuadorian laws.

**Keywords:** Average daily traffic, flexible pavement, topography, equivalent axes, rolling surface.



Pablo Andrés Carvallo Corral  
**Thesis Director**



José Vázquez Calero  
**Faculty Coordinator**



**Author**



UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas



Translated by  
Ing. Paul Arpi

Juan Fernando Torres Maldonado

Trabajo de Graduación

Ing. Pablo Andrés Carvallo Corral

Noviembre, 2017

**DISEÑO DE UN TRAMO VIAL, OBRAS COMPLEMENTARIAS DE INGENIERÍA Y PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DE UNA CARRETERA RURAL, APLICADA A LA VÍA CAUQUIL - PARCUSPAMBA, PERTENECIENTE AL CANTÓN GIRÓN (2KM)**

## **1. INTRODUCCIÓN**

Desde inicios de la civilización el hombre ha construido vías de comunicación, para el intercambio comercial, movilización e integración de los pueblos, para de esta forma lograr su desarrollo. Esto ha creado una red vial capaz de llegar a los lugares más apartados, los cuales prestan el servicio en buenas condiciones.

De acuerdo a la política vial del país, mantenida desde el Gobierno Nacional y los diferentes estamentos políticos administrativos de cada jurisdicción, es de carácter prioritario el realizar los estudios de ingeniería definitivos para obras viales.

El desarrollo socio-económico de los habitantes de las comunidades de Parcuspamba y Cauquil, pertenecientes al Cantón Girón de la Provincia del Azuay, se basado en la ganadería y la producción agrícola; sin embargo, este se ha visto truncado en gran medida, debido a la falta de una vía de comunicación o eje vial que una estas dos comunidades y estas, a su vez, con el centro cantonal.

La expectativa creada, al dotar de una solución vial eficaz a una determinada comunidad, se ve plasmada con el siguiente trabajo, en el que se propondrá una solución al inconveniente antes mencionado, a través de un diseño vial óptimo social y económicamente, del Tramo II de la vía Cauquil - Parcuspamba, que dará una mejora

en el flujo de bienes y servicios, además de promover el desarrollo de toda su área de influencia.

Habiéndose realizado una visita de carácter técnico del lugar con el fin de conocer los factores determinantes en el ámbito geográfico, social y económico para el diseño respectivo y de las obras complementarias requeridas, de esta manera se determinó que los trabajos iniciales serían:

- ✓ Recopilación de la información necesaria en campo.
- ✓ Geotecnia de la zona, ensayo de suelos requeridos.
- ✓ Levantamiento topográfico, planimetría y taquimetría.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Realizar el diseño del tramo ABS 4+000 hasta ABS 5+821 de la vía Cauquil – Paracuspamba, en el cantón Girón, provincia del Azuay, bajo la normativa ecuatoriana.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Realizar levantamiento topográfico.
- ✓ Definir datos de tráfico en la vía de estudio.
- ✓ Elaborar el trazado geométrico (horizontal y vertical) de acuerdo a la normativa vigente.
- ✓ Obtener las características físicas y mecánicas de los suelos, mediante el estudio de Mecánica de Suelos.
- ✓ Diseñar las obras complementarias, correspondientes al drenaje superficial y alcantarillas para pasos de agua.
- ✓ Elaborar el presupuesto del proyecto.



### 3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo social, económico y político de las comunidades de Paracuspamba y Cauquil, se beneficiará al contar con un eje vial que una estos dos poblados. Esto dará un impulso en la producción ganadera y agrícola del sector, así como también en las áreas circundantes. Sin embargo, para ello, se requiere de un conjunto de estudios de ingeniería civil, que permitirá desarrollar el diseño del proyecto vial, con garantía de seguridad y confort al tránsito vehicular. Una vía en óptimo estado mejoraría las condiciones técnicas y económicas de la operatividad vehicular.

### 4. ALCANCE

Lograr un diseño vial que sea factible y económicamente viable en su construcción, respetando las normas dictadas para el efecto, por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de la República del Ecuador. Al finalizar este trabajo, se dotará de una memoria técnica de diseño, planos y presupuesto.

## CAPÍTULO I

### 1. GENERALIDADES

#### 1.2 Introducción

El Cantón Girón se encuentra ubicado al Sur - Oeste de la provincia del Azuay en la Hoya de Jubones, tiene una altitud de 2.162 m.s.n.m, y cuenta con una temperatura promedio de 15.5 °C. Limita al norte con el cantón Cuenca, al sur con el cantón Nabón, al este con los cantones de Sigsig y Nabón y al oeste con los cantones Santa Isabel y San Fernando. A este cantón pertenecen las comunidades de Cauquil y Parcuspamba, los cuales, a pesar de tener pocos habitantes, son de suma importancia, debido a sus actividades principales que son la ganadería y la agricultura. El uso del suelo es para pastizales, potreros y cultivos, por lo que, se podría decir que el sector es de gran importancia para el comercio (GAD de Girón 25-28).

Con este estudio, se pretende diseñar el Tramo II de una vía que pueda unir las comunidades mencionadas e, inclusive, unir a la comunidad El Tablón. En la actualidad, existen vías de acceso hacia cada una de las comunidades por separado. Por ejemplo, a Cauquil se puede ingresar por la vía Girón – San Fernando, a la altura del sector llamado Santa Ana; mientras que, a Parcuspamba se puede ingresar por la vía Cuenca – Girón – Pasaje, a la altura del kilómetro 41; pero, no existe una comunicación vehicular que una a estas dos comunidades entre sí. Para el presente diseño, la ruta definitiva ya está previamente establecida, puesto que constituirá una rectificación de un camino vecinal existente, que une a estas dos poblaciones.

### 1.3 Aspectos físicos

Los siguientes parámetros son los determinantes en el análisis y diseño de la ruta definitiva:

- ✓ Ubicación: ubicación geográfica del proyecto.
- ✓ Ecología: caracterización por temperatura y precipitación.
- ✓ Hidrología: localización de ríos, esteros, canales, acequias, obras de arte mayores y menores.
- ✓ Morfología: forma o relieve del terreno.
- ✓ Puntos obligados: punto de salida, punto de llegada y poblaciones que enlaza la ruta.
- ✓ Vialidad existente: caminos peatonales que cruzan la vía.
- ✓ Zona de influencia: área de posibles asentamientos humanos o área urbanizable.

#### 1.3.1 Ubicación

Según información del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), Girón es uno de los quince cantones que posee la Provincia del Azuay, se encuentra ubicado al sur - occidente del Ecuador, a 37 km. de la ciudad de Cuenca. Conforme establece la *Planificación Nacional de SENPLADES*, este Cantón corresponde a la Zona 6, de acuerdo a las coordenadas geográficas UMT, Cauquil (norte: 9650990 este: 701730, cota: 2536 msnm.); Parcuspamba (norte: 9649440 este: 703540, cota: 2200 msnm.). (PDOT de Girón 31-32)

**Fig. 1. Ubicación del proyecto.**

Fuente: Google Earth.

Fecha: 2018

**1.3.2 Ecología**

**1.3.2.1 Precipitación**

Según datos del PDOT, el cantón Girón agrupa cuatro rangos de precipitación:

El primero, comprendido entre los rangos 250 a 500 mm anuales, que abarca la zona baja de la Parroquia La Asunción, con una superficie de 20,01 km<sup>2</sup> (2001,15 has), constituye el 5,71% del territorio cantonal. El segundo, comprendido entre los rangos 500 a 750 mm anuales, abarca la zona baja de la Parroquia San Gerardo, la zona media-baja de la Parroquia Girón y la zona media alta de la Parroquia La Asunción, cubriendo una superficie de 239,52 km<sup>2</sup> (23951,57 has), constituye el 68,37% del territorio cantonal. El tercero, localizado entre los rangos 750 a 1000 mm anuales, abarca la zona media-alta de la Parroquia San Gerardo y la zona alta de la Parroquia Girón, cubriendo una superficie de 85,73 km<sup>2</sup> (8572,51 has), que representa el 24,47% del territorio cantonal. El cuarto, comprendido entre los rangos 1000 a 1250 mm anuales, localizado en la zona alta de las Parroquias San Gerardo y Girón, cubriendo una superficie de 5,06 km<sup>2</sup> (506,26 has), que representa el 1,45% del territorio cantonal (PDOT de Girón 31-32)

### 1.3.2.2 Temperatura

Según el mismo texto, en Girón existen ocho rangos de temperaturas:

En la mayor parte del territorio, la temperatura que predomina es de 10 – 12 °C, cubriendo una extensión de 103,5 km<sup>2</sup> (10350,07 has) equivalente al 29,54% del territorio, seguido por el rango de temperatura de 12 – 14 °C, con una superficie de 71,19 km<sup>2</sup> (7118,85 has), representando el 20,32% del cantón. El rango de temperaturas 14 – 16 °C, que se extiende a 55,57 km<sup>2</sup> (5557,20 has), representa el 15,86% del territorio. Estos rangos cubren las zonas medias-bajas de la Parroquia San Gerardo, las zonas altas-medias de la Parroquia Girón y las zonas altas-bajas de la Parroquia La Asunción. El rango de temperaturas de 16 – 18 °C, se encuentra en la zona baja de la Parroquia San Gerardo-Girón y la zona media-baja de la Parroquia La Asunción, representando el 13,09% del cantón, con 45,87 km<sup>2</sup> (4587,28 has). El rango de temperaturas de 8 – 10 °C, constituye el 11,13% del territorio cantonal, es decir, 39 km<sup>2</sup> (3900,45 has) de superficie, las cuales se extienden sobre la zona media de la Parroquia San Gerardo y la zona alta de la Parroquia Girón. El rango comprendido entre los 18 – 20 °C, abarca una superficie de 18,88 km<sup>2</sup> (1887,8 has), equivalente al 5,38% del cantón; los rangos de 6 – 8 °C y 4 – 6 °C, cubren una extensión de 11,89 y 4,41 km<sup>2</sup>, respectivamente, equivalente al 3,39 y 1,29% (PDOT de Girón 31-37)

El proyecto estará ubicado en una zona de clima frío y seco, y en ella se han desarrollado cultivos de maíz, hortalizas y pastizales para ganado lechero y de carne.

### 1.3.3 Hidrología

La red hidrológica del Cantón Girón pertenece al sistema fluvial de la cuenca del río Jubones, que, conjuntamente con otros, desemboca en el Océano Pacífico. Está formada por once micro cuencas, las mismas que llevan el nombre de los ríos a los cuales estas pertenecen. De igual manera, los elementos ecológicos de mayor significado del Cantón son: El Chorro, Zhogra, Cristal, San Martín, Pongo y La zona de El Tablón (GAD de Girón 25-29)

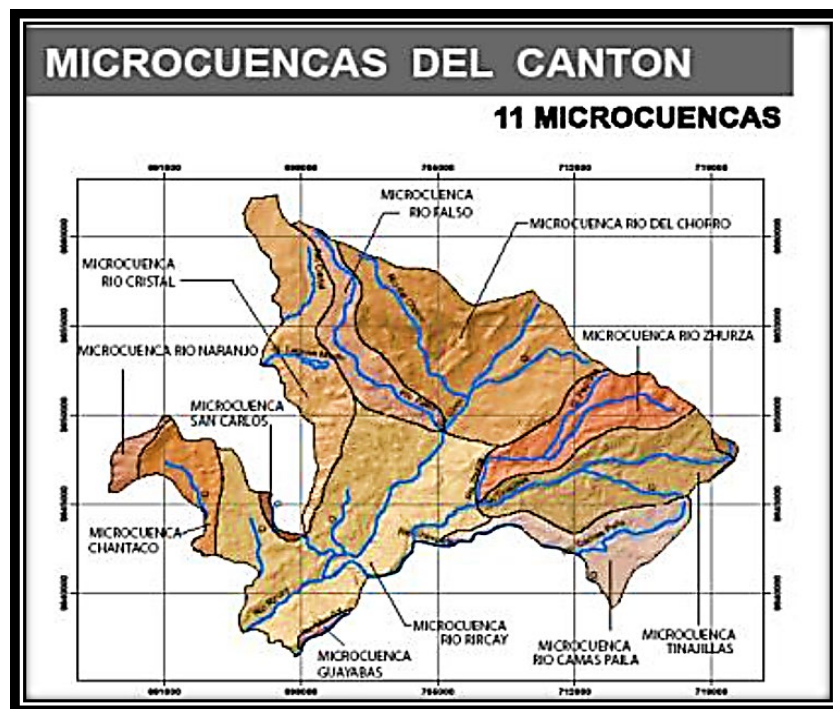


Fig. 2. Hidrografía general de la zona.

Fuente: (PDOT de Girón).

Fecha: 2014

Las micro-cuencas más importantes del cantón Girón son El Chorro, El Portete, Pucucari, Cebadillas y Rosas, que son afluentes del río San Gregorio; Curiquinga y San Gregorio desembocan en el río Burro. La confluencia del Río Santa Ana, Rircay, El Burro y Girón desembocan en el río Jubones. El principal recurso hídrico del cantón lo constituye el río Girón, que forma parte de la cuenca alta del río Jubones, el cual es utilizado para riego en la parte baja del sector, a 13 km de la desembocadura en el río Rircay. Los sectores del valle de Girón son regados a través de un sistema rudimentario de acequias que se alimentan de los cursos de agua ubicados en la parte alta. Asimismo,



**Montano Alto Superior:** Se lo encuentra en la parte alta de las Parroquias San Gerardo y Girón, en mayor proporción en la Parroquia San Gerardo. La superficie es de  $23,75 \text{ km}^2$  (2375,33 has), equivalente al 6,77% del territorio cantonal.

**Montano bajo:** Se encuentra en la parte baja de las parroquias Girón y La Asunción. La superficie es de  $58,54 \text{ km}^2$  (5853,57 has), equivalente al 16,71% del territorio cantonal. Es en esta zona donde se ubica el proyecto, donde el relieve del terreno es ondulado y montañoso, con pendientes transversales de hasta el 50%.

**Pie m ontano:** Se ubica en la parroquia La Asunción en una mínima proporción, cuya superficie es de  $0,22 \text{ km}^2$  (21,91 has), equivalente al 0,08% del territorio cantonal.



## CAPÍTULO II

### 2. ESTUDIOS PRELIMINARES.

#### 2.1 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico del proyecto se lo realizó los días 15, 16 y 17 de octubre de 2017, con la colaboración de los habitantes de la zona donde se emplazará la vía; al mismo tiempo, se realizó la socialización respectiva del proyecto de diseño, a través de conversatorios mantenidos con los moradores, donde se les dio a conocer las ventajas de contar con una vía de comunicación vehicular entre los dos poblados.

El levantamiento topográfico, planimetría y taquimetría, se realizó mediante el uso del instrumento teodolito estación total, marca TRIMBLE 3600. El trazado inicia desde el km 4, aproximadamente, hasta llegar al centro de la comunidad de Cauquil. Para simplificar el trazado y afectar de menor medida a los predios de área de estudio, se tomó la decisión de realizar el trazado de la vía por un camino público peatonal existente que conecta estas dos comunidades.

Para el efecto, se tomó una franja promedio de 25 metros a cada lado de vías existentes y una franja mayor de 70-80 metros, a lo largo del camino público peatonal. En general la topografía de la zona se presta para un buen diseño geométrico (Ver anexo 1).

La zona de influencia de la nueva vía está dedicada en forma exclusiva a la producción agropecuaria, tanto de parcelas pequeñas de rango menor a 5 Ha, como de propiedades grandes, aunque estas son menores en número. Ambas abarcan una gran área de influencia, sabiendo que en el futuro lo concerniente al turismo se incrementará notablemente en la zona, siempre que se maneje una adecuada promoción.

#### 2.2 Estudio de tránsito

El área de influencia del proyecto, está caracterizada por zonas de producción agrícola y ganadera. Para el futuro, se espera que también se caracterice de forma turística. Debido a ello, se prevé que la circulación por esta vía, la realicen diferentes tipos de vehículos, sobre todo de aquellos que proporcionan el servicio de transporte de pasajeros y de carga.

En razón del uso del suelo y sus características, la población se ha asentado, mayormente, en los centros poblados, ubicados al inicio y al final del tramo del proyecto vial; sin embargo, se observa la ubicación *muy dispersa* de viviendas a lo largo del recorrido, por lo que, se distinguen trechos de la vía que sostendrán diferentes volúmenes de tráfico vehicular.

El tipo de vía que será diseñada, se define en función directa del tráfico que soportará la misma y de la topografía de la zona en la que se construirá, de acuerdo a las normas para la clasificación de carreteras del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (M T O P). Por lo tanto, estos dos parámetros resultan importantes al momento de diseñar una vía.

Para la determinación del tráfico, se realizó un recorrido por la zona para determinar alguna vía existente y que presente similares características a la que se pretende diseñar. El conteo de vehículos se realizó, finalmente, en una vía que conecta a Cauquil con el último caserío de la zona, hasta donde es factible llegar en vehículo. Para llevar a cabo el análisis de tránsito, los datos necesarios son los volúmenes vehiculares y su composición, las cargas que los ejes transmiten a la estructura del pavimento y las tasas de crecimiento vehicular. El tamaño y peso de los vehículos ayudan a establecer niveles de servicio. Los volúmenes de tráfico se cuantificaron mediante conteos manuales de clasificación. Estos se registraron en un formulario, que contiene información acerca de la ubicación de la estación de conteo, las condiciones de medio ambiente, sentido de circulación y fecha; la parte inferior del formulario está dividido en columnas, con la clasificación de todos los vehículos posibles del parque automotor del país, según lo establece la norma para estudios y diseños viales (M T O P):

Vehículos Pesados. Los que tienen uno o más ejes de doble llanta

- ✓ Bus: Busetas y Bus Grande.
- ✓ Camión: Camión de 2, 3 y 5 ejes.
- ✓ Vehículos Livianos. Tienen características de operación semejantes a un automóvil mediano, con capacidad máxima de pasajeros de 9 personas y carga de 4 Ton.
- ✓ Livianos: automóviles, camionetas y jeep.

Escogiendo para el conteo, una semana calendario (de lunes a domingo) y durante un período de 12 horas diurnas, el día de mayor tráfico corresponde al día domingo, puesto que es el día en que se realiza la feria en el centro poblado.

**Tabla 1 Conteo de vehículos, semana (18-24 enero 2017).**

| Tipo de vehículo/Días | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo | Total |
|-----------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|-------|
| Buses                 | 1     | 1      | 1         | 1      | 1       | 0      | 0       | 5     |
| Camiones              | 2     | 1      | 1         | 2      | 1       | 2      | 1       | 10    |
| Livianos              | 15    | 16     | 14        | 16     | 15      | 14     | 17      | 107   |

Fuente: Elaboración propia.

Vale aclarar, que para una proyección será necesario utilizar el método Logit, para vehículos livianos, y la tasa de crecimiento poblacional, para buses y camiones.

### 2.3 Análisis poblacional

Las poblaciones existentes dentro del área de influencia directa del proyecto en estudio, pertenecen a las comunidades de Cauquil y Parcuspamba, ubicadas en las parroquias Girón y San Gerardo, por lo que, el análisis demográfico que se realiza a continuación, usa los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

**Tabla 2 Datos censales por Parroquia.**

| Código | Nombre de parroquia | 2010      |           |            | 2001      |           |            | 1990      |           |           |
|--------|---------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
|        |                     | Hombre    | Mujer     | Total      | Hombre    | Mujer     | Total      | Hombre    | Mujer     | Total     |
|        | Nacional            | 7,177,683 | 7,305,816 | 14,483,499 | 6,018,353 | 6,138,255 | 12,156,608 | 4,796,412 | 4,851,777 | 9,648,189 |
| 10250  | GIRON               | 3,834     | 4,603     | 8,437      | 3,866     | 4,757     | 8,623      | 4,137     | 4,898     | 9,035     |
| 10251  | ASUNCION            | 1,429     | 1,622     | 3,051      | 1,410     | 1,475     | 2,885      | 1,468     | 1,519     | 2,987     |
| 10252  | SAN GERARDO         | 514       | 605       | 1,119      | 492       | 583       | 1,075      | 530       | 639       | 1,169     |

Fuente: (INEC).

**Tablas 3 Datos censales totales Cantón Girón.**

| <b>Datos Censales</b>       |      |                 |
|-----------------------------|------|-----------------|
|                             | Año  | Población total |
| A                           | 2001 | 12583           |
| B                           | 2010 | 12607           |
| Índice de crecimiento total | R    | 0,002           |
| Índice de crecimiento anual | I    | 0,00016         |
| Período de diseño de la vía | n    | Años            |

**Fuente:** (INEC). De acuerdo a la fuente anotada anteriormente, la población total del área de influencia para el 2001 asciende a 12.583 habitantes, de los cuales el 54,16 % son mujeres y el 45,83 % son hombres; este fenómeno, se debe principalmente a la migración del hombre en busca de trabajo. Hasta el año 2010, se observa que la población dentro del cantón Girón ha crecido a una tasa promedio anual del 0,016 %.

Índice de crecimiento total:

$$R = \frac{B - A}{A} \quad (1)$$

A: población en 2001

B: población en 2010

Se utiliza una tasa promedio de crecimiento anual:

Índice de crecimiento anual:

$$I = \frac{R}{12} \quad (2)$$

Por lo que, se utilizará esta tasa de crecimiento anual para realizar la proyección de la población en el área de influencia, mediante la utilización de tres métodos, que son:

✓ *Método Aritmético*

✓ *Método Geométrico*

✓ *Método Mixto*

## 2.4 Proyección de la población

**Tabla 4 Proyección de la población**

| AÑO  | MÉTODOS                   |                         |                                        |
|------|---------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
|      | ARITMÉTICO                | GEOMÉTRICO              | MIXTO                                  |
|      | $P_f = P_a * (1 + r * n)$ | $P_f = P_a * (1 + r)^n$ | $P_f = \frac{(P_{far} + P_{fgeo})}{2}$ |
| 2010 | 12607                     | 12607                   | 12607                                  |
| 2013 | 12613                     | 12613                   | 12613                                  |
| 2030 | 12653                     | 12653                   | 12653                                  |

Fuente: Elaboración propia.

En donde:

r = tasa de crecimiento                      0.00016

n = años                                              3

Pa = población actual

En consecuencia, y según los datos de proyección, extraídos con cada una de las fórmulas y métodos, la población a la que servirá la vía en estudio será de 12.653 habitantes para el año 2030.

### 2.4.1 Cálculo del TPDA

Según la norma de diseño geométrico de carreteras del extinto Ministerio de Obras Públicas (MOP), la unidad de medida en el tráfico de una carretera es el volumen de *tráfico promedio diario anual*, cuya abreviación es TPDA. Esta sirve para clasificar a una carretera, e influye en la determinación de la velocidad del diseño y de los demás datos geométricos del proyecto. 28

Con el objeto de calcular el TPDA del tramo en estudio, se determina *el tráfico* con base en conteos de vehículos (volumen y tipo de vehículo) y el *tráfico futuro* utilizando pronósticos. Sin embargo, debido a que la vía se encuentra emplazada en un área poco desarrollada, la estimación del tráfico actual resulta difícil e incierta, no obstante, la demanda futura de tráfico será la resultante de esta combinación de factores. Por ello, para determinar el TPDA actual, se realizó un conteo manual en una carretera existente que presentaba similares características a la vía en estudio, tal como se mencionó anteriormente.

El pronóstico del volumen y la composición del tráfico se basan en el tráfico actual, con una predicción de tráfico para 20 años. Esta proyección incluye el crecimiento normal, tráfico generado y el tráfico en desarrollo.

#### 2.4.1.1 Tasa de crecimiento del parque automotor

Es el número de vehículos cada mil habitantes, para obtener una tasa de saturación en determinado tiempo, con la siguiente ecuación:

$$T_m = \frac{T_s}{1 + e^{a+bt}}$$

En donde:

- ✓  $T_m$  = tasa de motorización.
- ✓  $T_s$  = tasa de saturación.
- ✓  $e$  = base de los logaritmos neperianos.
- ✓  $a, b$  = constantes a determinar.
- ✓  $t$  = tiempo en años.

Para el cálculo de este parámetro, se utiliza el modelo Logit (Modelo de Probabilidad No Lineal), este modelo permite, además de obtener estimaciones de la probabilidad de un suceso, identificar los factores de riesgo que determinan dichas probabilidades, así como la influencia o peso relativo que estos tienen sobre las mismas. Este tipo de modelo arroja como resultado un índice, que permite efectuar ordenaciones que posibilitan, con algún método de estratificación, generar clasificaciones en las que se le asocia a cada elemento una calificación. Existen muchos criterios para llevar a cabo la asociación índice - calificación, muchos de ellos con base en índices de muestreo, donde el criterio es puramente estadístico.

Asimismo, existen diferentes factores para encontrar el número equivalente de vehículos livianos, conociendo el número de camiones o de buses, y realizando la proyección del tráfico. Los resultados obtenidos, a través de este modelo, son:

Tabla 5 Tasa de saturación (Modelo Logit)

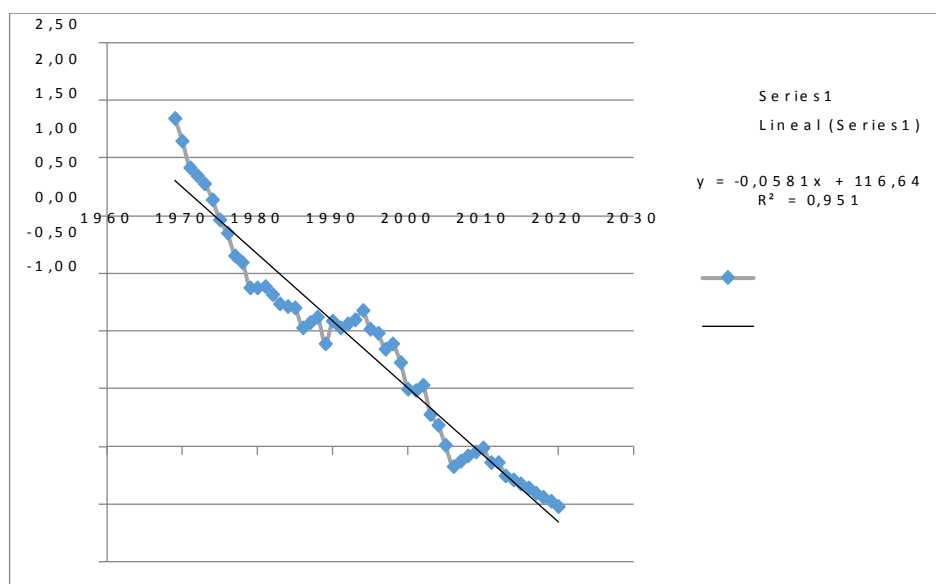
| T <sub>s</sub> = 375 |                  |                    |                |                                       |                         |                   |
|----------------------|------------------|--------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Años                 | Población urbana | Vehículos livianos | T <sub>m</sub> | Ln(T <sub>s</sub> /T <sub>m</sub> -1) | T <sub>m</sub> Ajustado | Livianos Ajustado |
| 1969                 | 93953            | 1935               | 20.60          | 2.85                                  | 41.066                  | 3858              |
| 1970                 | 98258            | 2435               | 24.78          | 2.65                                  | 43.641                  | 4288              |
| 1971                 | 102760           | 3173               | 30.88          | 2.41                                  | 46.356                  | 4764              |
| 1972                 | 107469           | 3529               | 32.84          | 2.34                                  | 49.215                  | 5289              |
| 1973                 | 112394           | 3921               | 34.89          | 2.28                                  | 52.221                  | 5869              |
| 1974                 | 117544           | 4638               | 39.46          | 2.14                                  | 55.381                  | 6510              |
| 1975                 | 122907           | 5710               | 46.46          | 1.96                                  | 58.696                  | 7214              |
| 1976                 | 128516           | 6588               | 51.26          | 1.84                                  | 62.172                  | 7990              |
| 1977                 | 134380           | 8106               | 60.32          | 1.65                                  | 65.810                  | 8844              |
| 1978                 | 140512           | 8877               | 63.18          | 1.60                                  | 69.614                  | 9782              |
| 1979                 | 146923           | 11193              | 76.18          | 1.37                                  | 73.585                  | 10811             |
| 1980                 | 153627           | 11632              | 75.71          | 1.37                                  | 77.726                  | 11941             |
| 1981                 | 160637           | 12070              | 75.14          | 1.38                                  | 82.036                  | 13178             |
| 1982                 | 167967           | 13383              | 79.67          | 1.31                                  | 86.515                  | 14532             |
| 1983                 | 173494           | 14695              | 84.70          | 1.23                                  | 91.163                  | 15816             |
| 1984                 | 179202           | 15453              | 86.23          | 1.21                                  | 95.978                  | 17199             |
| 1985                 | 185098           | 16113              | 87.05          | 1.20                                  | 100.956                 | 18687             |
| 1986                 | 191188           | 18887              | 98.79          | 1.03                                  | 106.095                 | 20284             |



|      |        |       |        |       |         |       |
|------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|
| 1987 | 197478 | 18847 | 95.44  | 1.07  | 111.388 | 21997 |
| 1988 | 203976 | 18806 | 92.20  | 1.12  | 116.831 | 23831 |
| 1989 | 210687 | 23028 | 109.30 | 0.89  | 122.417 | 25792 |
| 1990 | 217619 | 20648 | 94.88  | 1.08  | 128.137 | 27885 |
| 1991 | 224848 | 22202 | 98.74  | 1.03  | 133.982 | 30126 |
| 1992 | 232318 | 22353 | 96.22  | 1.06  | 139.943 | 32511 |
| 1993 | 240036 | 22504 | 93.75  | 1.10  | 146.008 | 35047 |
| 1994 | 248011 | 21940 | 88.46  | 1.18  | 152.167 | 37739 |
| 1995 | 256250 | 25658 | 100.13 | 1.01  | 158.405 | 40591 |
| 1996 | 264763 | 27067 | 102.23 | 0.98  | 164.710 | 43609 |
| 1997 | 273559 | 30957 | 113.16 | 0.84  | 171.068 | 46797 |
| 1998 | 282647 | 31006 | 109.70 | 0.88  | 177.464 | 50160 |
| 1999 | 292038 | 35703 | 122.25 | 0.73  | 183.883 | 53701 |
| 2000 | 301740 | 42924 | 142.26 | 0.49  | 190.311 | 57424 |
| 2001 | 311764 | 44586 | 143.01 | 0.48  | 196.733 | 61334 |
| 2002 | 318738 | 44282 | 138.93 | 0.53  | 203.132 | 64746 |
| 2003 | 325867 | 52737 | 161.84 | 0.28  | 209.496 | 68268 |
| 2004 | 333156 | 56664 | 170.08 | 0.19  | 215.808 | 71898 |
| 2005 | 340608 | 63779 | 187.25 | 0.00  | 222.055 | 75634 |
| 2006 | 348227 | 71180 | 204.41 | -0.18 | 228.224 | 79474 |
| 2007 | 356016 | 71206 | 200.01 | -0.13 | 234.302 | 83415 |
| 2008 | 363980 | 71232 | 195.70 | -0.09 | 240.277 | 87456 |

|      |        |        |        |       |         |        |
|------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|
| 2009 | 372121 | 71599  | 192.41 | -0.05 | 246.137 | 91593  |
| 2010 | 380445 | 71965  | 189.16 | -0.02 | 251.874 | 95824  |
| 2011 | 388955 | 78243  | 201.16 | -0.15 | 257.476 | 100147 |
| 2012 | 397655 | 79906  | 200.94 | -0.14 | 262.938 | 104558 |
| 2013 | 406550 | 85904  | 211.30 | -0.26 | 268.250 | 109057 |
| 2014 | 415644 | 89203  | 214.61 | -0.29 | 273.408 | 113640 |
| 2015 | 424941 | 92628  | 217.98 | -0.33 | 278.407 | 118307 |
| 2016 | 434446 | 96185  | 221.40 | -0.37 | 283.242 | 123054 |
| 2017 | 444164 | 99879  | 224.87 | -0.40 | 287.911 | 127880 |
| 2018 | 454099 | 103714 | 228.39 | -0.44 | 292.412 | 132784 |
| 2019 | 464256 | 107696 | 231.98 | -0.48 | 296.743 | 137765 |
| 2020 | 474641 | 111832 | 235.61 | -0.52 | 300.905 | 142822 |

Fuente: Elaboración propia



**Fig. 4. Estadística vehicular al 2020.**

Fuente: Elaboración propia.

Fecha: 2018

Curva años vs  $\ln\left(\frac{T_s}{T_m} - 1\right)$

**Tabla 6 Tasa de crecimiento vehicular (Factores de conversión)**

| Tasas de crecimiento vehicular |          |        |          |
|--------------------------------|----------|--------|----------|
| Período                        | Livianos | Buses  | Camiones |
| 2015-2020                      | 3,84 %   | 2,24 % | 2,24 %   |
| 2020-2025                      | 3,45 %   | 2,24 % | 2,24 %   |
| 2025-2030                      | 3,14 %   | 2,24 % | 2,24 %   |

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.1.2 Trafico Actual $T_A$

Es aquel que usa la carretera antes de mejorarla. Este dato, se obtuvo a través de un conteo manual, realizado en una vía cercana, con características similares a las del proyecto.

$$T_A = 21 \text{ vehículos/día} \quad (8)$$

#### 2.4.1.3 Tráfico Proyectado $T_p$

Según la norma de diseño geométrico de carreteras, el tráfico proyectado se obtiene una vez que la carretera está mejorada. (M O P 33)

$$T_p = T_A * (1 + i)^n \quad (9)$$

En donde:

- ✓  $T_A$  = tráfico actual: 21 vehículos/día.
- ✓  $i$  = tasa de crecimiento vehicular: 3.45%  $\approx$  0.03.
- ✓  $n$  = período de proyección expresado en años: 20 años.
- ✓  $T_p$  = tráfico proyectado: 37.92  $\approx$  38 vehículos.

#### 2.4.1.4 Tráfico Desarrollado $T_D$

Según la misma norma, recientemente señalada, el tráfico desarrollado, se produce por la incorporación de nuevas áreas a la explotación o por el incremento de la producción de las tierras localizadas dentro del área de influencia de la carretera. (M O P 33-42)

$$T_D = T_A * (1 + i)^{n-3} \quad (10)$$

$$T_D = 34.70 \approx 35 \text{ vehículos}$$

#### 2.4.1.5 Tráfico Desviado $T_D$

Es aquel tráfico atraído desde otras carreteras o medios de transporte, una vez que entra en servicio la nueva vía, ya sea en razón de ahorro en tiempo o distancia. (M O P 33-42)

$$T_D = 0.20 * (T_P + T_D) \quad (11)$$

$$T_D = 14.6 \approx 15 \text{ veh\u00edculos}$$

#### 2.4.1.6 Tr\u00e1fico Generado $T_G$

Seg\u00fan el MOP, este tipo de medici\u00f3n est\u00e1 constituido por el n\u00famero de viajes que se efectuar\u00edan, solo, si la construcci\u00f3n de la v\u00eda ocurre. Estos viajes ser\u00edan:

- ✓ Viajes que no se efectuaron anteriormente.
- ✓ Viajes que se realizaron anteriormente a trav\u00e9s de transporte p\u00fablico.
- ✓ Viajes que anteriormente se realizaron a otros destinos, pero que con las nuevas facilidades han sido atra\u00edos hacia la nueva carretera.<sup>33</sup>

$$T_G = 0.25 * (T_P + T_D) \quad (12)$$

$$T_G = 18.25 \approx 19 \text{ veh\u00edculos}$$

#### 2.4.1.7 Volumen de tr\u00e1fico de dise\u00f1o (TPDA)

Con el objeto de tener una estimaci\u00f3n del volumen de tr\u00e1fico vehicular que tendr\u00e1 la v\u00eda durante su per\u00edodo de dise\u00f1o, se ha optado por aplicar la siguiente expresi\u00f3n:

$$TPDA = T_P + T_D + T_d + T_G \quad (13)$$

$$\text{Volumen de tr\u00e1fico} = 107 \text{ veh\u00edculos.}$$

**Tabla 7 Tr\u00e1fico Actual, Desarrollado, Desviado, Proyectado y Generado.**

|       |    |
|-------|----|
| $T_A$ | 21 |
| $T_D$ | 35 |
| $T_D$ | 15 |
| $T_P$ | 38 |
| $T_G$ | 19 |

Fuente: Elaboraci\u00f3n propia.

## 2.5 Justificación del ORDEN de la vía

La carretera a proyectarse se diseñará con base en las normas y características correspondientes a las de una *carretera de tipo C3*, de acuerdo con lo que dispone la norma ecuatoriana vial (NEVI), elaborada por el M T O P. Esto, debido a que el tráfico estimado será de 0 a 500 vehículos diarios.

Tabla 8 Clasificación Funcional de las vías en base al TPDA.

| <b>Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA<sub>d</sub></b> |                                |                                                                             |                        |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Descripción</b>                                                     | <b>Clasificación Funcional</b> | <b>Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA<sub>d</sub>) al año de horizonte</b> |                        |
|                                                                        |                                | <b>Límite Inferior</b>                                                      | <b>Límite Superior</b> |
| <b>Autopista</b>                                                       | <b>AP2</b>                     | 80000                                                                       | 120000                 |
|                                                                        | <b>AP1</b>                     | 50000                                                                       | 80000                  |
| <b>Autovía o Carretera Multicarril</b>                                 | <b>AV2</b>                     | 26000                                                                       | 50000                  |
|                                                                        | <b>AV1</b>                     | 8000                                                                        | 26000                  |
| <b>Carretera de 2 carriles</b>                                         | <b>C1</b>                      | 1000                                                                        | 8000                   |
|                                                                        | <b>C2</b>                      | 500                                                                         | 1000                   |
|                                                                        | <b>C3</b>                      | 0                                                                           | 500                    |

Fuente: (M T O P).

## 2.6 Clase de carretera

En el Ecuador, el M O P ha clasificado tradicionalmente las carreteras, de acuerdo a un cierto grado de importancia, basado más en el volumen del tráfico y el número de calzadas requeridas, que en su función jerárquica. La siguiente tabla presenta la relación entre la función jerárquica y la clasificación de las carreteras, según el M T O P:

Tabla 9 Clasificación tradicional de las carreteras según el M T O P .

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

Notas:

(1) De acuerdo al nivel de servicio aceptable al final de la vida útil.

(2) RI - RII - Autopistas.

Fuente: (M T O P).

Como se observa en la tabla precedente, la carretera en estudio será una vía del ORDEN C3 y de CLASE Camino Vecinal, debido al TPDA .

*Camino Vecinal*, según el manual NEVI-12 del M T O P, son carreteras convencionales básicas que incluyen todos los caminos rurales destinados a recibir el tráfico doméstico de poblaciones rurales, zonas de producción agrícola o ganadera, acceso a sitios turísticos 26

## 2.7 Descripción topográfica

La topografía es un factor principal en la localización física de la vía. El estudio correspondiente debe estar bien realizado, ya que es de vital importancia para el óptimo desarrollo de su construcción, debido a que afecta su alineamiento horizontal, pendientes, distancias de visibilidad y secciones transversales. (M T O P 15-42)

El M T O P ha clasificado a los terrenos según sus características topográficas en calidad de: plano, ondulado, montañoso y escarpado (22). El sector en estudio está inmerso dentro del sistema montañoso de los Andes, entre la cordillera occidental y las estribaciones occidentales de la cordillera central.

En un *terreno Montañoso*, según el Manual de normas de diseño geométrico de carreteras (M T O P), las pendientes transversales a la vía suelen ser del 13 al 40 % .

## 2.8 Descripción geológica

El estudio geológico del suelo es uno de los procesos más importantes, previo a un diseño vial, puesto que se debe realizar el análisis de los mapas geológicos y de las fuentes de materiales para la construcción de un camino, así como la fotointerpretación respectiva y en reconocimiento de campo, ya que estos inciden directamente en la localización de las rutas y dimensionamiento de los parámetros de diseño, identificación de posibles problemas relacionados con la expansión de los suelos, fallas geológicas en la estabilidad de los taludes del terreno y el drenaje respectivo. (M T O P 15-42)

## 2.9 Análisis estructural geológico

En la región se destaca la presencia del sistema de fallas girón, que se caracteriza por la formación de pliegues cerrados, fallas inversas y de cabalgamiento con rumbo NNE a N., aunque previamente interpretada como una falla normal (D G G M , 1974), en muchos lugares este sistema tiene una convergencia hacia el NO y un carácter inverso. Por ejemplo, la estructura sinclinal y el cinturón de pendientes pronunciadas que sigue la falla Girón y el margen Norte del mapa, se interpreta como un sinclinal de pie de pared bajo la falla Girón, que converge hacia el Noroeste. En el mismo sector, la formación paz, que en otros sectores es sub horizontal, buza 45° hacia el Noroeste



por lo cual se interpreta como un anticlinal de pared contra-colgante. (PDOT de Girón 29)

Otra estructura importante es el cinturón de Gagarin con rumbo Nor Noreste comprende fallas simples de posicionales, áreas de alteración hidrotermal y una concentración de intrusiones sub-volcánicas de riolita y andesita. Se reconocen dos calderas (Jubones y Quimsacocha) a lo largo del cinturón, el mismo que puede trazarse desde Zaruma en el Sur hasta la margen Norte de la hoja geológica en

365111Q2222+}-\*uimsacocha. Más hacia el Norte, en la hoja de esta cuenca, esta estructura puede restringir el lado Oeste de la cuenca de la ciudad de Cuenca y explicar la presencia de aguas termales y travertinos al Suroeste de la ciudad de Cuenca. (SENPLADES 17)

Es importante señalar que a pesar de que el sistema de fallas Girón marca la geología estructural de la zona, en el área de estudio no se observan ramificaciones de este sistema, por lo que se descarta la influencia de estas fallas dentro de la zona del proyecto (GAD de Girón 25-31)

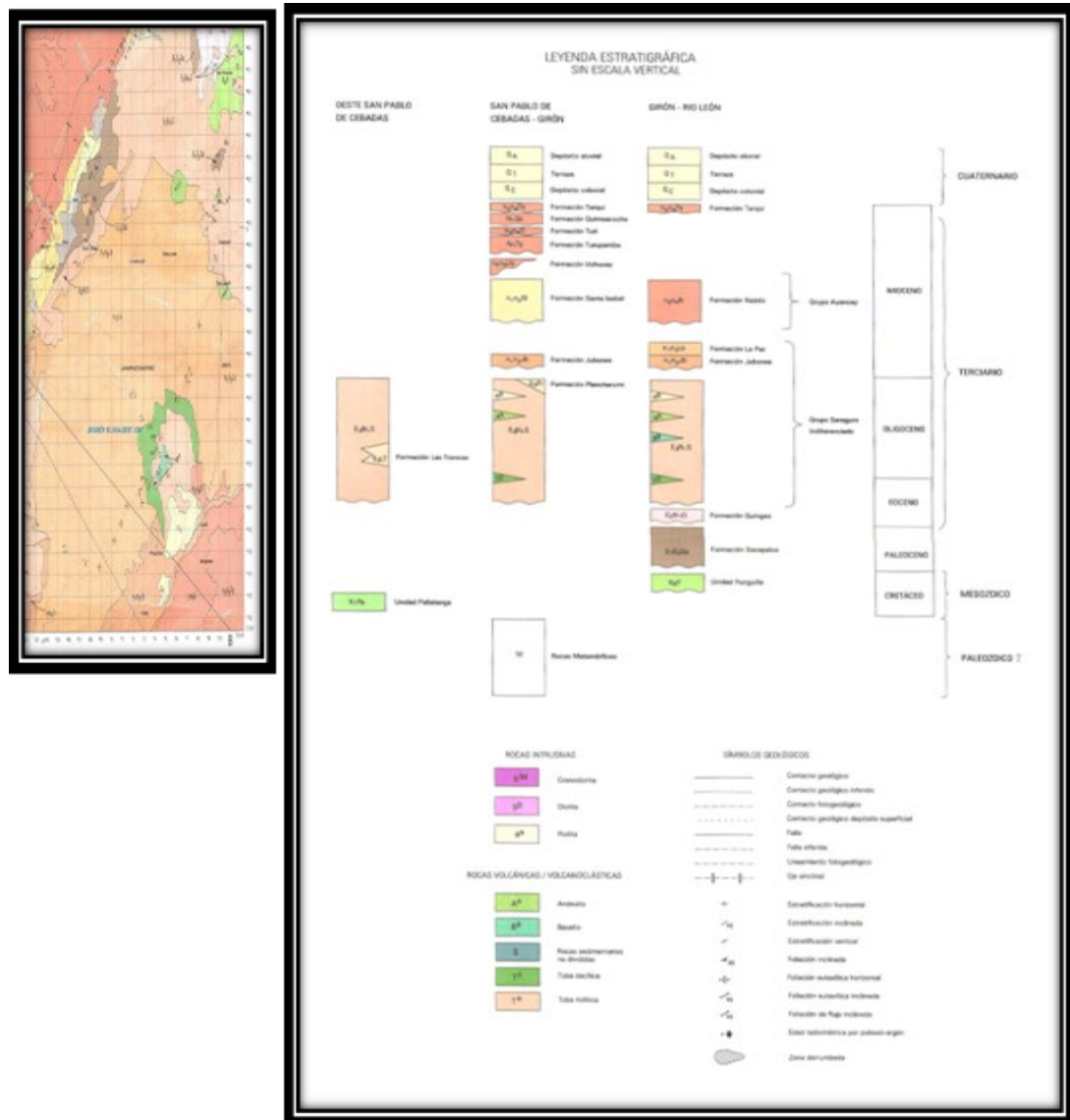


Fig. 5. Mapa geológico general.

Fuente: (GAD de Cuenca).

Fecha: 2017

## CAPÍTULO III

### 3 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL, HORIZONTAL Y TRANSVERSAL.

#### 3.1 Diseño de la vía

En la realización de los estudios para el diseño geométrico de un camino, es de suma importancia la topografía del terreno, ya que resulta un factor determinante al momento de realizar la elección de valores de los diferentes parámetros que intervienen en el diseño. Además la incidencia del factor topográfico (corte y relleno), en los costos de construcción de un proyecto vial, es considerable y limitante con relación a las características del trazado horizontal, en lo referente a las alineaciones en curva y a la geometría de la sección transversal. (M T O P 19)

En función de estas consideraciones, se ha establecido que en los diseños viales se ponga especial énfasis en el parámetro básico del diseño vial, que es la velocidad, la cual va íntimamente ligada con la topografía del terreno, de tal manera que, para un terreno montañoso se asigna un valor bajo de la velocidad. En general, en el diseño vial, se describen las características de referencia para determinar todos los parámetros del alineamiento horizontal y vertical. (M T O P 23)

##### 3.1.1 Topografía

Como se mencionó anteriormente, el área de estudio se encuentra dentro de un terreno montañoso, según la clasificación de la NEVI (M T O P).

**Tabla 10 Clasificación del terreno, según pendiente transversal**

| Tipo de terreno   | Pendiente transversal |
|-------------------|-----------------------|
| Terreno plano     | Menores al 5 %        |
| Terreno ondulado  | 6 % - 12 %            |
| Terreno montañoso | 13 % - 40 %           |
| Terreno escarpado | Mayores al 40 %       |

Fuente: (M T O P).

### 3.1.2 Características humanas

Según el Manual de Proyectos Geométricos de Carreteras de México, las características humanas resultan entre los elementos básicos para el diseño geométrico de una vía, puesto que estas conllevan limitaciones en el accionar de conductores, peatones y pasajeros.

*Conductor*: es quien opera un vehículo automotor que circula por la carretera, sus limitaciones son la visión, la expectativa, la reacción y su respuesta.

- ✓ Visión: es la limitación más importante para conducir, la agudeza visual, la visión periférica, el deslumbramiento, la percepción de colores y de la profundidad.

Las características de operación de un conductor son:

- ✓ Altura del ojo del conductor (Livianos) 1,15 m .
- ✓ Altura del ojo del conductor (Camiones) 2,00 m .
- ✓ Altura de obstáculo 0,15 m .
- ✓ Expectativa: Es la predisposición de un conductor para responder de manera predecible y exitosa a situaciones, eventos e informaciones; puesto que, cuando se enfrentan a situaciones nuevas o inesperadas, la probabilidad de accidentes es mayor.

- ✓ **Reacción:** Es el tiempo que tarda para responder un conductor a un estímulo, pudiendo los estímulos ser visuales o auditivos.

Respecto al tiempo de percepción, y de acuerdo a pruebas realizadas por AASHTO (IMCYC) y publicadas en el Manual de Proyectos Geométricos de Carreteras de México, por razones de seguridad, se debe adoptar un tiempo de reacción suficiente para la mayoría de los conductores, equivalente a un segundo. De aquí que, el tiempo total de percepción más reacción hallado como adecuado para efectos de cálculo es de 2,5 segundos.

Tiempo de percepción y reacción = 2,5 segundos.

- ✓ **Respuesta:** es el conjunto de decisiones que toma el usuario al conducir un vehículo y son la resultante de las condiciones antes planteadas.

*Peatón:* Es el usuario de la carretera que no utiliza ningún vehículo para desplazarse, sino que lo hace a pie. La participación de estos usuarios en las carreteras debe ser una consideración primordial en la planeación y en el proyecto, excepto en las vialidades de acceso controlado a las cuales no deben acceder. Los peatones forman parte del ambiente que rodea a una vía y serán objeto de atención especial por parte del proyectista. Su presencia, como es natural, es más intensa en zonas urbanas que en zonas rurales.

*El pasajero:* Las necesidades de los pasajeros de vehículos particulares y de vehículos de transporte público, están acorde al crecimiento poblacional que genera la construcción de la carretera.

### 3.1.3 Categoría de la vía

Luego de los cálculos realizados para definir dicha categoría y justificar la vía, se estableció que es de *tipo C3* (Ver acápite 2.4), es decir, que es un camino agrícola forestal.

### 3.1.4 Velocidad de diseño

Según la Norma Ecuatoriana Vial, NEVI (M TOP), la velocidad de diseño “Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables” (21). Esta velocidad se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, los volúmenes del tránsito y uso de la tierra, tratando de que su valor sea el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos. Con esta velocidad se calculan los elementos geométricos de la vía, para su alineamiento horizontal y vertical. (M TOP 23).

Es tomada como una velocidad de referencia con la cual se determinan los límites de otros parámetros característicos de los elementos de la vía, considerando siempre satisfacer la demanda del transporte público en la forma más segura y económica.

Los estudios demuestran que pocos son los conductores que viajan a velocidades superiores a los 110 km/h y muy pocos a menos de 40 km/h. (M TOP 19).

Para la elección de la velocidad de diseño, se deben considerar tres aspectos básicos y decisivos, que son: la naturaleza del terreno, la modalidad de los conductores y el factor económico.

La vía que se va a diseñar es una vía clase C3, Agrícola/Forestal, cuyas características de acuerdo a la NEVI son las siguientes:

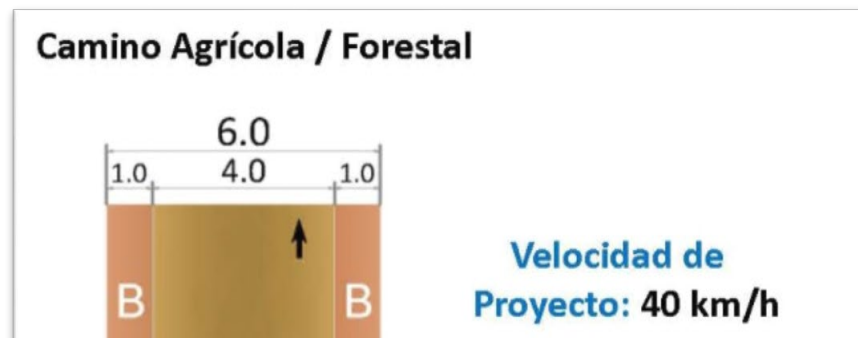


Fig. 6. Velocidad de proyecto, según tipo de vía.

Fuente: (M T O P).

Fecha: 2013

La velocidad de circulación de los vehículos en un camino, es una medida de la calidad del servicio que el camino proporciona a los usuarios, por lo tanto, para fines de diseño, es necesario conocer las velocidades de los vehículos que se espera circulen por el camino para diferentes volúmenes de tránsito.

La velocidad de diseño se relaciona con la velocidad de operación, mediante la siguiente tabla:

**Tabla 11 Relación Velocidad de diseño – Velocidad de operación**

| VELOCIDAD DE DISEÑO – Km/h | VELOCIDAD DE OPERACIÓN PROMEDIO – Km/h VOLUMEN DE TRÁNSITO |       |      |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|-------|------|
|                            | BAJO                                                       | MEDIO | ALTO |
| 40                         | 38                                                         | 35    | 33   |
| 50                         | 47                                                         | 42    | 40   |
| 60                         | 56                                                         | 52    | 45   |
| 70                         | 63                                                         | 60    | 55   |
| 80                         | 72                                                         | 65    | 60   |
| 100                        | 88                                                         | 75    | -    |
| 120                        | 105                                                        | 85    | -    |

Fuente: (M T O P).

Según la NEVI (M T O P), la velocidad máxima para el tipo de carreteras es de 40 km /h, por lo que se toma en cuenta una velocidad de diseño de 38 km /h.

### **3.1.5 Alineamiento horizontal**

Es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal. Los elementos que integran esta proyección son las tangentes y las curvas, sean estas circulares o de transición. (M T O P).

La proyección del eje en un tramo recto, define la tangente y el enlace de dos tangentes consecutivas de rumbos diferentes se efectúa por medio de una curva.

El establecimiento del alineamiento horizontal, según el *Manual de Diseño de Carreteras* (M T O P), depende de: topografía y características hidrológicas del terreno, condiciones del drenaje, características técnicas de la sub rasante y potencial de los materiales locales.

### **3.1.6 Datos básicos: Distancias de visibilidades**

La capacidad de visibilidad debido a su importancia es una de las características que debe ser estudiada en todo proyecto vial, ya que esta se encuentra relacionada directamente a la velocidad del vehículo (Cárdenas 313).

En la distancia de visibilidad existen dos aspectos:

- ✓ La distancia requerida para la parada de un vehículo, sea por restricciones en la línea horizontal de visibilidad o en la línea vertical.
- ✓ La distancia necesaria para el rebasamiento de un vehículo.

### **3.1.7 Distancia de visibilidad de parada**

Es la distancia mínima que debe existir en toda la longitud del camino, necesaria para que un conductor que transita cerca de la velocidad de diseño, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él, por lo tanto, es la mínima distancia de visibilidad que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera (Cárdenas 313).



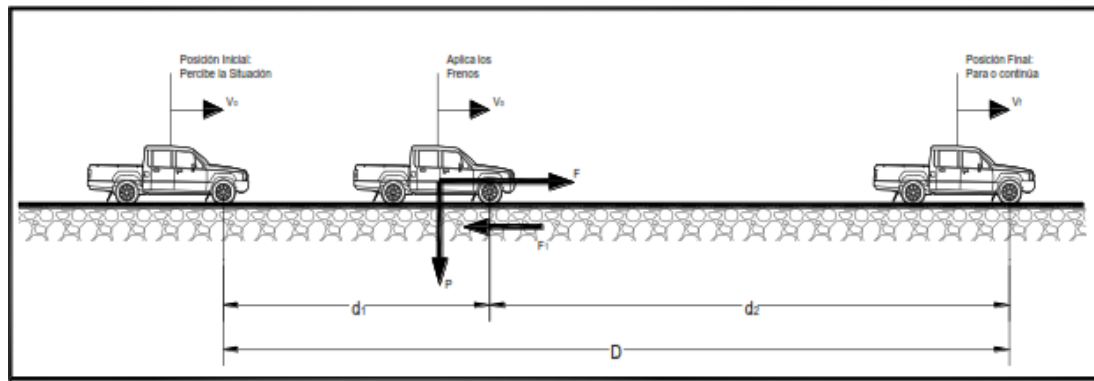


Fig. 7. Distancia de parada.

Fuente: (M T O P).

Fecha: 2013

En este estudio, se tomará en cuenta la siguiente información preliminar:

Velocidad inicial = 38 km/h, Tiempo de reacción = 2,5 segundos

$$\checkmark d1 = 0.278 * V \text{ diseño} \quad (14)$$

$$\checkmark d2 = \frac{v^2}{254 * f} \quad (15)$$

$$\checkmark f = \text{INCLINACIÓN DE LA RASANTE}$$

$$\checkmark d1 + d2 = dp$$

Tabla 12 Cálculo de la distancia de visibilidad de parada

| VELOCIDAD DE PROYECTO<br>KM /H | VELOCIDAD DE MARCHA<br>KM /H | REACCION      |                | INCLINACION DE LA RASANTE)EN TANTO POR UNO) | DISTANCIA DE FRENADO<br>M | DISTANCIA DE VISIBILIDAD |                                     |
|--------------------------------|------------------------------|---------------|----------------|---------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
|                                |                              | TIEMPO<br>SEG | DISTANCIA<br>M |                                             |                           | CALCULADA<br>M           | PROYECTO<br>SEGÚN<br>TABLAS<br>NEVI |
| 40                             | 38                           | 2.5           | 10.56          | 0.17                                        | 33.44                     | 44                       | 40.78                               |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.8 Distancias de visibilidad de rebasamiento

Es la distancia necesaria para que un vehículo que circula a velocidad de diseño rebase a otro que va a una velocidad menor, sin que produzca la colisión con otro vehículo que viene en sentido contrario (Cárdenas).

De igual manera, la NEVI (M T O P) establece que la diferencia de velocidad entre el vehículo rebasado y el que rebasa es de 16 Km/Hora para que rebase en pendientes negativas, 24 Km/Hora en horizontal y 32 Km/Hora en pendientes positivas.

Para obtener el cálculo de la mínima distancia de velocidad de rebasamiento, se aplicará la siguiente fórmula:

$$M D v r = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad (16)$$

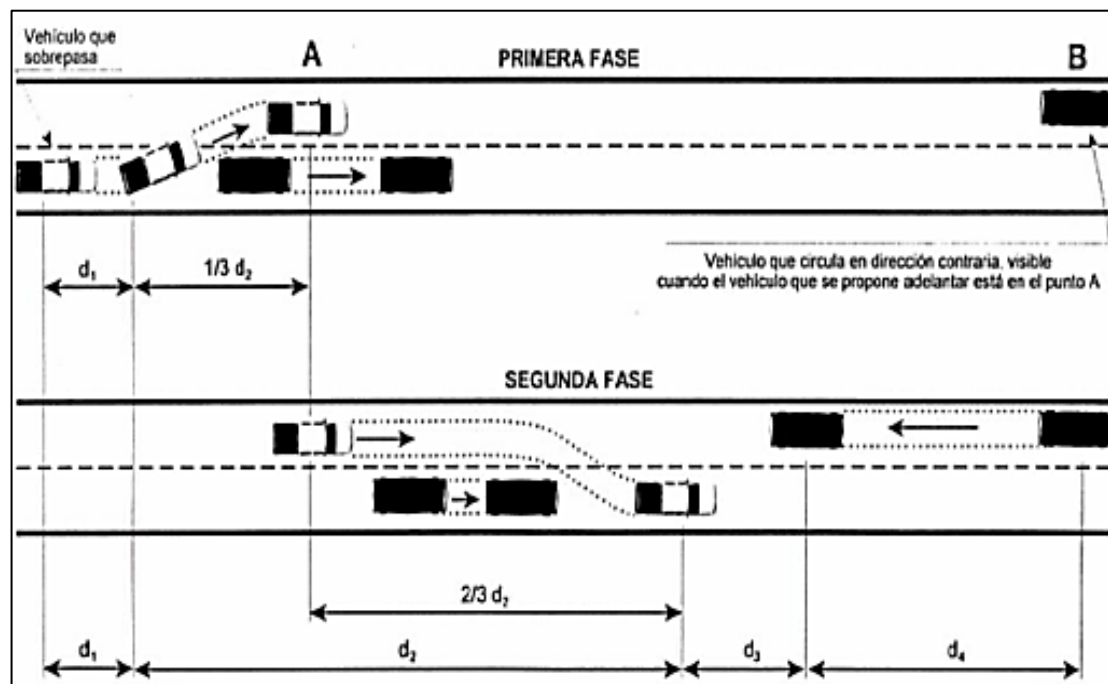


Fig. 8. Distancia de visibilidad de rebasamiento

Fuente: (M T O P).

Fecha: 2013

A continuación, se procede a calcular la velocidad de rebasamiento, para lo cual se aplicarán las siguientes formulas:

$$\checkmark \quad d_1 = 0.14 * t_1 * (2v - 2m + a * t_1) \quad (17)$$

$$\checkmark \quad d_2 = 0.28 * v * t_2 \quad (18)$$

$$\checkmark \quad d_3 = (30 \text{ m a } 90 \text{ m}) = 30 \text{ m} \quad (19)$$

$$\checkmark \quad d_4 = (d_2) * 2/3 \quad (20)$$

En donde:

$$\checkmark \quad t_1 = \text{tiempo de maniobra inicial} = 3.6 \text{ s (segundos)}.$$

$$\checkmark \quad a = \text{aceleración promedio del vehículo que rebasa} = 2.25 \text{ km/h/s}.$$

$$\checkmark \quad v = \text{velocidad promedio del vehículo que rebasa} = 53 \text{ km/h}.$$

$$\checkmark \quad m = \text{diferencia velocidad entre vehículo rebasa y vehículo rebasado} = 19.03 \text{ km/h}.$$

$$\checkmark \quad t_2 = \text{tiempo de ocupación del carril opuesto} = 9.3 \text{ s}.$$

Resultados:

$$\checkmark \quad d_1 = 38.32 \text{ metros}$$

$$\checkmark \quad d_2 = 138.12 \text{ metros}$$

$$\checkmark \quad d_3 = 30 \text{ metros}$$

$$\checkmark \quad d_4 = 92.00 \text{ metros}$$

La distancia de adelantamiento es 298.45 metros.

Los datos de cálculo, se obtuvieron de la siguiente tabla:

Tabla 13 Factores para cálculo de distancias mínimas

|                                             |         |         |         |          |
|---------------------------------------------|---------|---------|---------|----------|
| Velocidad promedio de adelantamiento (Km/h) | 50 - 65 | 66 - 80 | 81 - 95 | 96 - 110 |
| Maniobra Inicial                            |         |         |         |          |
| A= aceleracion promedio (Km/h/s)            | 2,25    | 2,3     | 2,37    | 2,41     |
| t1 = tiempo (s)                             | 3,6     | 4       | 4,3     | 4,5      |
| d1 = distancia recorrida (m)                | 45      | 65      | 90      | 110      |
| Ocupacion carril izquierdo:                 |         |         |         |          |
| t2 = tiempo (s)                             | 9,3     | 10      | 10,7    | 11,3     |
| d2 = distancia recorrida (m)                | 145     | 195     | 250     | 315      |
| Longitud Libre                              |         |         |         |          |
| d3= distancia recorrida (m)                 | 30      | 55      | 75      | 90       |
| Vehiculo que se aproxima:                   |         |         |         |          |
| d4= distancia recorrida (m)                 | 95      | 130     | 165     | 210      |
| Distancia Total: d1 + d2 +d3 +d4.(m)        | 315     | 445     | 580     | 725      |

Fuente: (M T O P).

Tabla 14 Distancias mínimas de rebasamiento

| Velocidad de Diseño | Velocidades Km/h         |                     | Distancia mínima de adelantamiento (m) |
|---------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------------------|
|                     | Vehiculo que es rebasado | Vehiculo que rebasa |                                        |
| 30                  | 29                       | 44                  | 220                                    |
| 40                  | 36                       | 51                  | 285                                    |
| 50                  | 44                       | 59                  | 345                                    |
| 60                  | 51                       | 66                  | 410                                    |
| 70                  | 59                       | 74                  | 480                                    |
| 80                  | 65                       | 80                  | 540                                    |
| 90                  | 73                       | 88                  | 605                                    |
| 100                 | 79                       | 94                  | 670                                    |
| 110                 | 85                       | 100                 | 730                                    |

Fuente: (IMCYC93)

### 3.1.9 Datos básicos

#### ✓ Curvas circulares simples

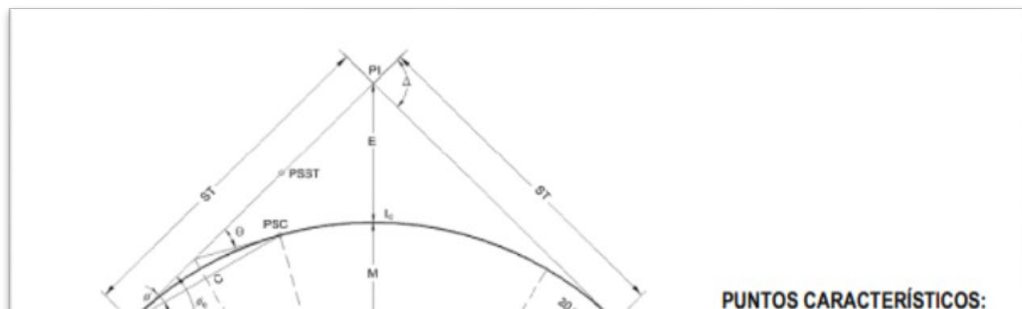
Se puede describir a una curva como “*arcos de circunferencia de un solo radio*” que son utilizados para empalmar dos tangentes, es decir, que une dos alineamientos rectos de una vía (Cárdenas 34).

#### ✓ Tangentes

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas, se lo llama PI, y al ángulo de definición, formado por la prolongación de una tangente y la siguiente, se lo denomina “a” (alfa). (M T O P).

### ✓ Curvas circulares

Según las NEVI (M T O P), las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas, y estas pueden ser simples o compuestas. Sus elementos característicos principales son: Grado de Curvatura y Radio de Curvatura.



**Fig. 9. Curva simple horizontal elementos.**

Fuente: (M T O P).

Fecha: 2013

### ✓ Elementos de la Curva

Los parámetros anteriores, se definen mediante las siguientes expresiones:

$$T = R * tg \frac{1}{2} \Delta \quad Lc = \frac{\Delta R \pi}{180} \quad (21)$$

Tabla 15 Radios mínimos de curvas horizontales<sup>1</sup>

| Velocidad de Diseño (Km/h) | Factor de Fricción Máxima | Peralte máximo 4% |             |                | Peralte máximo 6% |             |                |
|----------------------------|---------------------------|-------------------|-------------|----------------|-------------------|-------------|----------------|
|                            |                           | Radio (m)         |             | Grado de Curva | Radio (m)         |             | Grado de Curva |
|                            |                           | Calculado         | Recomendado |                | Calculado         | Recomendado |                |
| 30                         | 0.17                      | 33.7              | 35          | 32° 44'        | 30.8              | 30          | 38° 12'        |
| 40                         | 0.17                      | 60.0              | 60          | 19° 06'        | 54.8              | 55          | 20° 50'        |
| 50                         | 0.16                      | 98.4              | 100         | 11° 28'        | 89.5              | 90          | 12° 44'        |
| 60                         | 0.15                      | 149.2             | 150         | 7° 24'         | 135.0             | 135         | 8° 29'         |
| 70                         | 0.14                      | 214.3             | 215         | 5° 20'         | 192.9             | 195         | 5° 53'         |
| 80                         | 0.14                      | 280.0             | 280         | 4° 05'         | 252.0             | 250         | 4° 35'         |
| 90                         | 0.13                      | 375.2             | 375         | 3° 04'         | 335.7             | 335         | 3° 25'         |
| 100                        | 0.12                      | 492.1             | 490         | 2° 20'         | 437.4             | 435         | 2° 38'         |
| 110                        | 0.11                      | 635.2             | 635         | 1° 48'         | 560.4             | 560         | 2° 03'         |
| 120                        | 0.09                      | 872.2             | 870         | 1° 19'         | 755.9             | 775         | 1° 29'         |

| Velocidad de Diseño (Km/h) | Factor de Fricción Máxima | Peralte máximo 8% |             |                | Peralte máximo 10% |             |                |
|----------------------------|---------------------------|-------------------|-------------|----------------|--------------------|-------------|----------------|
|                            |                           | Radio (m)         |             | Grado de Curva | Radio (m)          |             | Grado de Curva |
|                            |                           | Calculado         | Recomendado |                | Calculado          | Recomendado |                |
| 30                         | 0.17                      | 28.3              | 30          | 38° 12'        | 26.2               | 25          | 45° 50'        |
| 40                         | 0.17                      | 50.4              | 50          | 22° 55'        | 46.7               | 45          | 25° 28'        |
| 50                         | 0.16                      | 82.0              | 80          | 14° 19'        | 75.7               | 75          | 15° 17'        |
| 60                         | 0.15                      | 123.2             | 120         | 9° 33'         | 113.4              | 115         | 9° 58'         |
| 70                         | 0.14                      | 175.4             | 175         | 6° 33'         | 160.8              | 160         | 7° 10'         |
| 80                         | 0.14                      | 229.1             | 230         | 4° 59'         | 210.0              | 210         | 5° 27'         |
| 90                         | 0.13                      | 303.7             | 305         | 3° 46'         | 277.3              | 275         | 4° 10'         |
| 100                        | 0.12                      | 393.7             | 395         | 2° 54'         | 357.9              | 360         | 3° 11'         |
| 110                        | 0.11                      | 501.5             | 500         | 2° 17'         | 453.7              | 455         | 2° 31'         |
| 120                        | 0.09                      | 667.0             | 665         | 1° 43'         | 596.8              | 595         | 1° 56'         |

Fuente: (IMCYC 156)

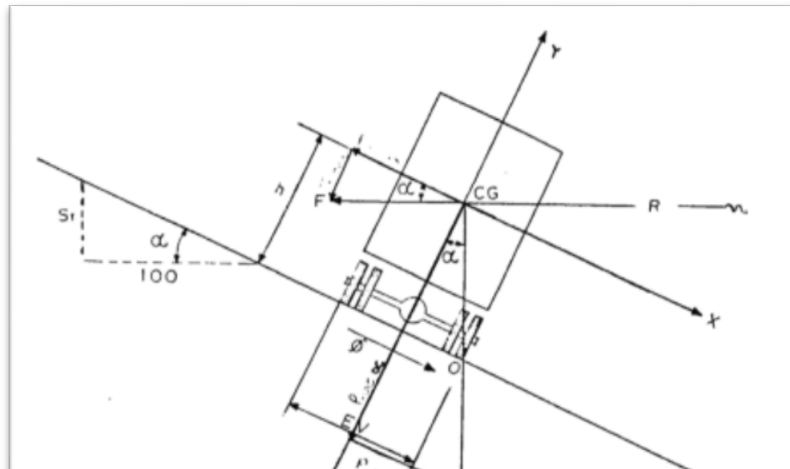
## ✓ Peralte

Es la inclinación transversal de la calzada, destinada a absorber los efectos de la fuerza centrífuga, el cual actúa en conjunto con la fuerza de rozamiento para evitar el volcamiento y/o deslizamiento (Cárdenas).

De manera práctica, en curvas horizontales el peralte y la fuerza de fricción ( $e + f$ ) deben contrarrestar la fuerza centrífuga en una porción de 55% con peralte ( $e$ ) y 45% con fricción ( $f$ ).

---

<sup>1</sup> Ver Anexo 3 (Validación de curvas horizontales).



**Fig. 10. Peralte.**

Fuente: (M T O P).

Fecha: 2013

El peralte viene expresado por la siguiente fórmula:

$$e = \frac{V^2}{127R} - f \quad (23)$$

En donde:

- ✓  $e$  = Peralte de la curva, m/m (metro por metro de ancho de la calzada).
- ✓  $V$  = Velocidad de diseño, Km/h.
- ✓  $R$  = Radio de la curva, m.
- ✓  $f$  = Máximo coeficiente de fricción lateral.

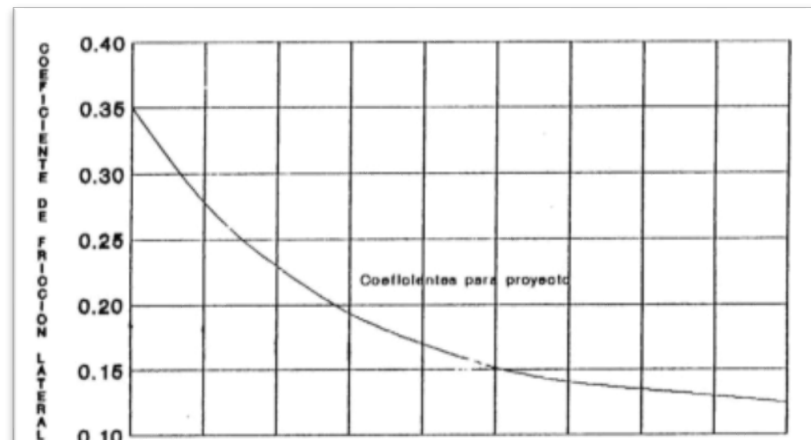


Fig. 11. Factor de fricción lateral.

Fuente: (M T O P).

Fecha: 2013

Para las curvas del proyecto, se asume el valor del peralte de la siguiente tabla:

Tabla 16 Valor de peralte

| Tasa de<br>Sobreelevación,<br>"e" en (%) | Tipo de Area    |
|------------------------------------------|-----------------|
| 10                                       | Rural montañosa |
| 8                                        | Rural plana     |
| 6                                        | Suburbana       |
| 4                                        | Urbana          |

Fuente: (IM C Y 156)

El peralte máximo recomendado para vías de dos carriles y de topografía montañosa, es el 10 %. El peralte se lo consigue:

- ✓ Haciendo girar la calzada alrededor de su eje (para terrenos montañosos).
- ✓ Haciendo girar la calzada alrededor de su borde interior (para terrenos en llano).
- ✓ Haciendo girar la calzada alrededor de su borde exterior.

Para la velocidad de diseño de 38 km/h, se tomó como gradiente relativo máximo 0.75 %, siendo la longitud de transición, en los casos más críticos de peralte, 10 % la que se muestra:



### ✓ Longitud total del desarrollo del peralte

Cada vez que se pasa de una alineación recta a una curva, se tiene que realizar una transición de una sección transversal, de un estado de sección normal al estado de sección completamente peraltada o viceversa, en una longitud necesaria para efectuar el desarrollo del peralte. (M T O P).

La longitud total del desarrollo del peralte resulta de la sumatoria de dos longitudes: longitud de transición más la longitud de aplanamiento.

*Longitud de transición:* La longitud de transición sirve para efectuar la transición de las pendientes transversales entre una sección normal y otra peraltada alrededor del eje de la vía o de uno de sus bordes. (M T O P).

**Tabla 17 Datos para cálculo de longitud de transiciones de peralte**

| Longitud de transición |               |          |             |
|------------------------|---------------|----------|-------------|
| Característica         | Identificador | Unidades | Valor       |
| Ancho de carril        | b             | m        | 3.00        |
| Número de carriles     | N             | -        | 1 c/sentido |
| Peralte                | e             | %        | 10          |
| Pendiente de bombeo    | p             | %        | 2           |
| Pendiente relativa     | i             | %        | 0.75        |

Fuente: Elaboración propia.

$$L_t = \frac{b * e}{i} = \frac{3.00 * 0.1}{0.0075} = 40 \text{ m}$$

Para otros peraltes se muestra un resumen de los radios y longitudes de transición mínimas:

**Tabla 18 Datos para cálculo de longitud de transiciones de peralte 2**

| e      | R m in | L t |
|--------|--------|-----|
| 2.00%  | 33.75  | 8   |
| 3.00%  | 32.21  | 12  |
| 4.00%  | 30.81  | 16  |
| 5.00%  | 29.53  | 20  |
| 6.00%  | 28.35  | 24  |
| 7.00%  | 27.26  | 28  |
| 8.00%  | 26.25  | 32  |
| 9.00%  | 25.31  | 36  |
| 10.00% | 24.44  | 40  |

Fuente: Elaboración propia.

*Longitud de aplanamiento:* Es la longitud necesaria para empezar a inclinar transversalmente la calzada en la tangente, a partir de un punto anterior al “TE” de un punto anterior al inicio de la transición, de tal manera que la faja exterior de la calzada pase de su posición inclinada por el bombeo a la posición horizontal en el punto de inicio de la transición. (M T O P).

$$N = \frac{b * p}{i} = \frac{3.00 * 0.02}{0.0075} = 8.0 \text{ m}$$

Para mayor seguridad de los usuarios de la vía, se realizó un diseño tal, que pueda garantizar la longitud de desarrollo antes del inicio de cada curva horizontal.

#### ✓ Longitud mínima de desarrollo

Para el proyecto en estudio, que está emplazado en una zona de estribaciones y cruce de la cordillera de los Andes (zona montañosa), se ha tomado en cuenta el valor considerado como mínimo absoluto en un recorrido de 2 segundos, el cual se encuentra mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$L_{min} = 0,56 * v = 16.8 \text{ m}$$

$$\text{Longitud mínima de desarrollo} = 16.8 \text{ metros}$$

### ✓ Sobre ancho

El objetivo del sobre ancho en curva horizontal es el de posibilitar el tránsito de vehículos con seguridad y comodidad (Cárdenas 227). Considerando la influencia de la velocidad de tránsito y para diferentes números de carriles, se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = n(R - \sqrt{R^2 + L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

En dónde:

- ✓ S = sobre ancho de la curva.
- ✓ n = número de carriles.
- ✓ R = radio de la curva.
- ✓ L = longitud entre la parte frontal y el eje posterior del vehículo de diseño.
- ✓ V = velocidad de diseño.

Escogiendo un vehículo de diseño 2DA (Camión de dos ejes mediano), el cálculo sería el siguiente:

**Tabla 19 Datos para cálculo de sobre ancho**

| Cálculo de sobre ancho    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Número de carriles        | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Longitud entre ejes [m]   | 7.6  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Velocidad de diseño[km/h] | 38   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Radio de la Curva [m]     | 14   | 25   | 30   | 35   | 40   | 50   | 65   | 70   | 75   | 80   |
| Sobre ancho [m]           | 5.29 | 2.97 | 2.50 | 2.18 | 1.93 | 1.59 | 1.26 | 1.19 | 1.12 | 1.06 |

Fuente: Elaboración propia.

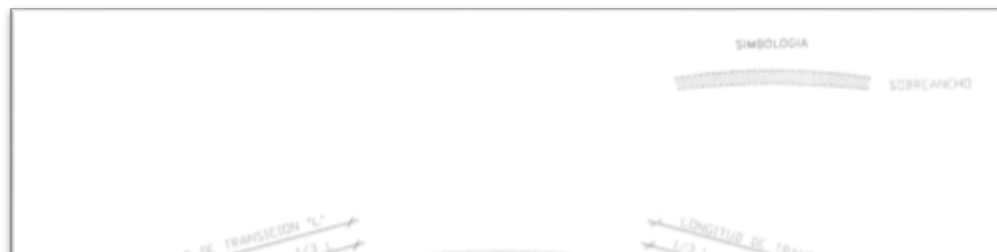


El espacio lateral que necesita cada vehículo, se lo puede asumir según se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 20 Sobre ancho para cada vehículo**

| Ancho de la calzada (m ) | Valor C |
|--------------------------|---------|
| 6.00                     | 0.60    |
| 6.50                     | 0.70    |
| 6.70                     | 0.75    |

Fuente: Elaboración propia.



**Fig. 12. Transición de Peralte y Sobre ancho en curvas.**

Fuente: (M T O P).

Fecha: 2013

### ✓ Radio mínimo

Según las NEVI (M T O P), el radio mínimo de la curvatura horizontal es el valor más bajo que genera la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente. El empleo de curvas con radios menores al mínimo establecido exigirá peraltes que sobrepasen los límites prácticos de operación de vehículos. Por lo tanto, la curvatura constituye un valor signficante en el diseño del alineamiento. El

radio mínimo ( $R_m$ ) en condiciones de seguridad, puede calcularse según la siguiente fórmula:

$$R = \frac{v^2}{127(e + f)} \quad (22)$$

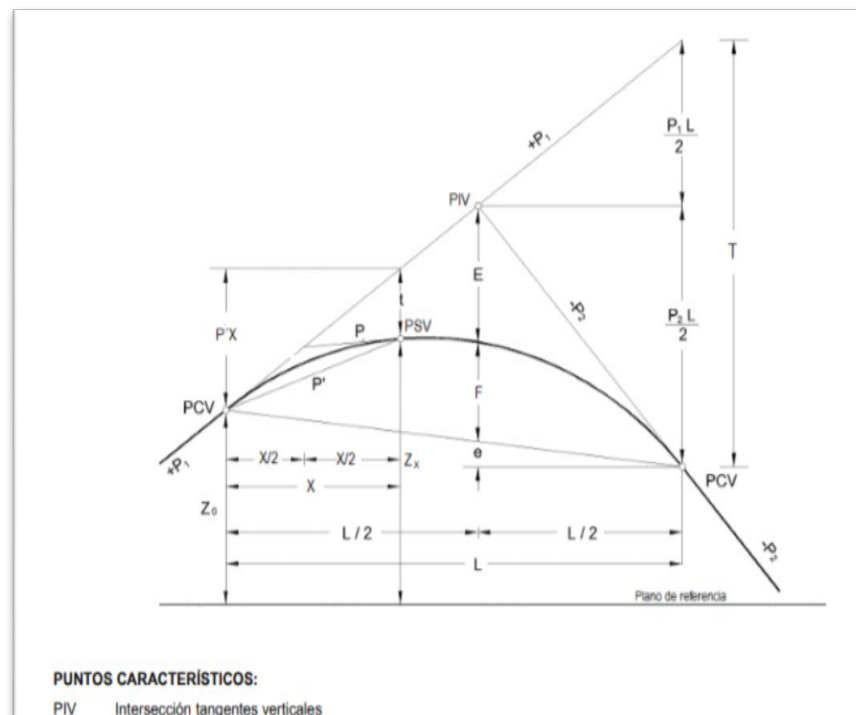
En donde:

- ✓  $R$  = radio de diseño, en metros.
- ✓  $v$  = velocidad de diseño, en Km/h.
- ✓  $e$  = peralte en curva, en % (Máximo de 10 %).
- ✓  $f$  = coeficiente máximo de fricción lateral (0.19).

$$R = \frac{v^2}{127(e + f)} = \frac{38^2}{127(0.1 + 0.19)} = 36.67 \text{ m}$$

#### ✓ **Alineamiento vertical**

Es el desarrollo de la línea del eje de la sub rasante proyectada sobre un plano vertical. De la misma manera que el horizontal, el alineamiento vertical está formado por tangentes y curvas. Se define el sentido de las pendientes conforme se avanza en el kilometraje, cuando la pendiente sube de cota es positiva y cuando baja de cota es negativa. (M T O P).

Fig. 13. Curva vertical elementos.<sup>2</sup>

Fuente: (M T O P).

Fecha: 2013

### ✓ Gradiente para proyecto vertical

Las gradientes a adoptarse, dependen de la topografía del terreno y deben tener bajos en lo posible, a fin de permitir razonables velocidades de circulación y facilitar la operación de los vehículos. En ningún caso se debe sacrificar el perfil vertical para obtener buenos alineamientos horizontales. (M T O P). De acuerdo con las velocidades de diseño, que dependen del volumen de tráfico y de la naturaleza de la topografía, en la tabla siguiente se indican de manera general, las gradientes medias máximas que pueden adoptarse:

<sup>2</sup> Ver Anexo 4 (Validación de curvas verticales).

Tabla 21 Sobre ancho para cada vehículo

| Orografia        | Terreno Plano | Terreno Ondulado | Terreno Montañoso | Terreno Escarpado |
|------------------|---------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Velocidad (Km/h) |               |                  |                   |                   |
| 20               | 8             | 9                | 10                | 12                |
| 30               | 8             | 9                | 10                | 12                |
| 40               | 8             | 9                | 10                | 10                |
| 50               | 8             | 8                | 8                 | 8                 |
| 60               | 8             | 8                | 8                 | 8                 |
| 70               | 7             | 7                | 7                 | 7                 |
| 80               | 7             | 7                | 7                 | 7                 |
| 90               | 6             | 6                | 6                 | 6                 |
| 100              | 6             | 5                | 5                 | 5                 |
| 110              | 5             | 5                | 5                 | 5                 |

Fuente: (M T O P).

La gradiente longitudinal para el proyecto propuesto será de 10 % como referencia, teniendo lugares donde supere este valor, debido especialmente a las condiciones topográficas del terreno.

#### ✓ Longitud de curvas verticales

La curva vertical preferida en el diseño del perfil de una carretera es la parábola simple que se aproxima a una curva circular. Por otro lado, debido a que la medida de las longitudes en una carretera, se hace sobre un plano horizontal y las gradientes son relativamente planas, prácticamente no hay error alguno al adoptar la parábola simple con su eje vertical centrado en el PIV. (M T O P).

Para determinar la longitud de una curva longitudinal, se seleccionará su índice de curvatura (K) y la diferencia algebraica de pendientes a la entrada y salida de la curva, por tal motivo se empleará la siguiente fórmula:

$$L = K * A \quad (25)$$

En donde:

✓ L = longitud de la curva vertical.

✓ K = Factor para una curva vertical

Convexas K = 1.9  
Cóncavas K = 6



✓  $A$  = Diferencia de gradientes en porcentaje

Para la vía en proyecto, se tiene:

$$L_{\min} = 0.6 * V_d$$

$$L_{\min} = 15 \text{ metros}$$

En el presente diseño, el trazado vertical ha garantizado una pendiente máxima de 12 %. En las curvas verticales, se ha escogido longitudes tales que se garantice la longitud determinada por el índice de curvatura ( $K = L / A$ ) y la distancia de visibilidad de frenado, según corresponda a una curva convexa o cóncava.

Para la velocidad de diseño de 38 km/h, se tiene los siguientes parámetros:

#### ○ **Sección transversal**

En el diseño de la sección transversal de una vía, generalmente depende casi exclusivamente del volumen de tráfico, del terreno y, en consecuencia, de la velocidad de diseño más apropiada para dicha carretera. (M T O P).

El ancho de la sección transversal típica está constituido por cuatro elementos que da el ancho de la vía en proyecto: Pavimento, Espaldones, Taludes interiores y Cunetas.

La importancia de los elementos mencionados, que componen la sección transversal, se debe a que sus características modulan las expectativas del conductor sobre la jerarquía de la carretera e inciden en la elección de su velocidad deseada. Si los alineamientos de la carretera no están acordes con esa velocidad, la causa de la mayor parte de los frecuentes accidentes será por exceso de velocidad o velocidad inmoderada. (M T O P).

Según el *Manual de Diseño de Carreteras* (M T O P), en vías con características topográficas de montaña, se recomienda colocar la cuneta a 30 cm de profundidad con respecto a la rasante y no de la sub rasante, para esto habrá que necesariamente revestir la cuneta para proteger el pavimento del camino. Con la cuneta así ubicada, la lateral del corte será menor y, por ende, será menor el volumen del movimiento de tierras, lo que abarata los costos de construcción.

Dado el orden de vía, motivo de estudio, cuya clasificación se encuentra en el *tipo C3* y en el *tipo 2A* de las NEVI del MTOP, los anchos de vía según el TPDA son los siguientes:

Tabla 3 Sobre ancho para cada vehículo

Tabla 22 Sobre ancho para cada vehículo

| ANCHOS DE LA CALZADA   |                         |          |
|------------------------|-------------------------|----------|
| Clase de Carretera     | Ancho de la Calzada (m) |          |
|                        | Recomendable            | Absoluto |
| R-I o R-II > 8000 TPDA | 7,30                    | 7,30     |
| I 3000 a 8000 TPDA     | 7,30                    | 7,30     |
| II 1000 a 3000 TPDA    | 7,30                    | 6,50     |
| III 300 a 1000 TPDA    | 6,70                    | 6,00     |
| IV 100 a 300 TPDA      | 6,00                    | 6,00     |
| V Menos de 100 TPDA    | 4,00                    | 4,00     |

Fuente: (M T O P).

Por lo que, la vía que compete a este trabajo, debe tener un ancho de 6.00 m, lo suficientemente adecuado y recomendable para evitar el deterioro del pavimento.

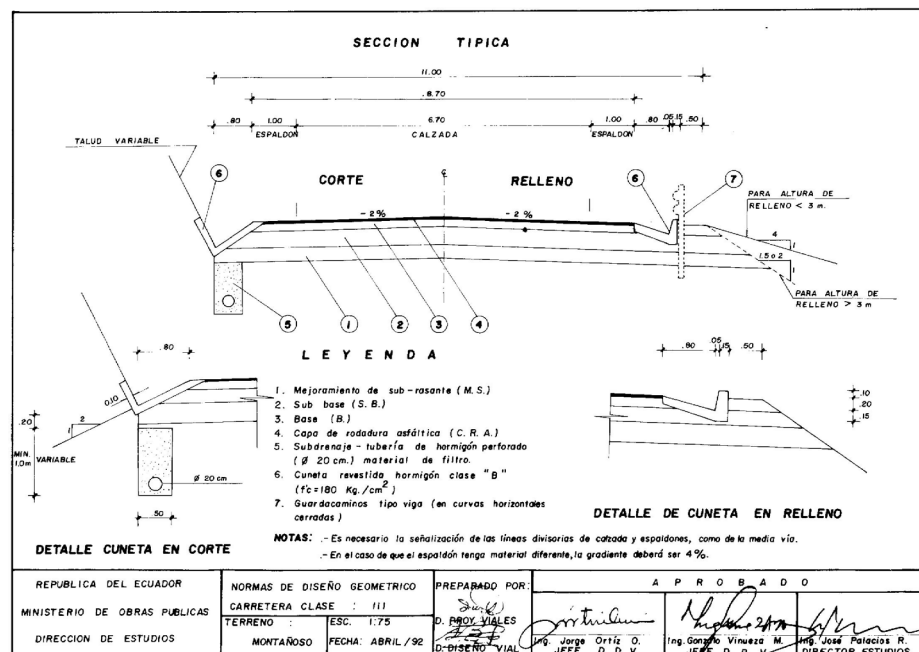
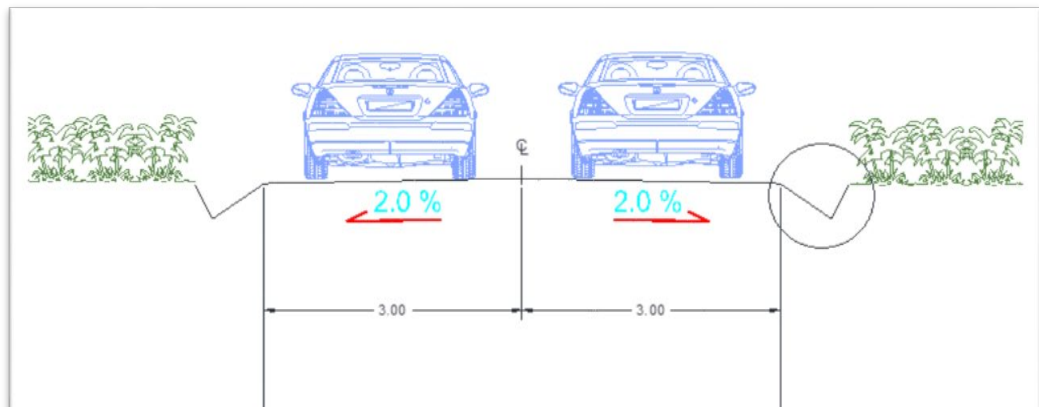


Fig. 14. Sección típica de vía tipo C3.

Fuente: (M T O P).

Fecha: 2013



**Fig. 15. Sección adoptada para la vía de Diseño.**

Fuente: Elaboración propia.

Fecha: 2018

#### ○ Taludes

Los taludes de un corte o de un terraplén son la superficie inclinada y generalmente plana que lo limita por un lado, la inclinación del mismo, depende de la clase de terreno y corresponde al ángulo de reposo del material en que ha excavado el corte o con el cual se construye el terraplén. Sin embargo, también pueden influir en el diseño del talud otros factores, como: la visibilidad, la apariencia de la vía, el préstamo de material, entre otros. (M T O P).

Estos taludes son muy importantes en la seguridad y buena apariencia de una carretera, además de influir en su costo de mantenimiento. Aunque su diseño depende de las condiciones de los suelos y de las características geométricas de la vía, como regla general, los taludes deben diseñarse con la menor pendiente económicamente permisible.

La selección de taludes debe ser materia de un estudio particular en cada caso, tomando en cuenta la naturaleza del terreno y las condiciones geológicas existentes.

#### ○ Superficie de rodadura

La relación entre el tipo de superficie de rodadura y el diseño geométrico tiene importancia en lo referente a la indeformabilidad de la superficie y a la facilidad de escurrimiento de las aguas que esta ofrezca, así como a la influencia ejercida en la operación de los vehículos. (M O P).

El tipo de rodadura que se adopte dependerá en gran parte de la velocidad de diseño escogida. (M T O P).

**Tabla 23 Clasificación de la capa de rodadura por TPDA**

| CLASIFICACION DE SUPERFICIES DE RODADURA |                                                                           |                                     |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Clase de Carretera                       | Tipo de Superficie                                                        | Gradiente Transversal (Porcentajes) |
| R-I o R-II > 8000 TPDA                   | Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón                     | 1,5-2                               |
| I 3000 a 8000 TPDA                       | Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón                     | 1,5-2                               |
| II 1000 a 3000 TPDA                      | Grado estructural intermedio                                              | 2                                   |
| III 300 a 1000 TPDA                      | Bajo grado estructural: Doble Tratamiento Superficial Bituminoso D.T.S.B. | 2                                   |
| IV 100 a 300 TPDA                        | Grava o D.T.S.B.                                                          | 2,5-4 *                             |
| V Menos de 100 TPDA                      | Grava, Empedrado, Tierra                                                  | 4                                   |
| * Para caminos vecinales tipo 5 y 5E.    |                                                                           |                                     |

Fuente: (M T O P).

Para este diseño, el tipo de capa de rodadura recomendado por el Manual de Diseño de Vías (M O P), es:

D.T.S.B - Doble Tratamiento Superficial Bituminoso

## CAPÍTULO IV

### 4 DISEÑO DE PAVIMENTOS.

Es la estructura compuesta por la súper posición de varias capas relativamente horizontales, las cuales se diseñan y construyen de una manera técnica (materiales apropiados y compactados). Estas capas van asentadas sobre la sub rasante de la vía que se la obtiene luego de realizar un movimiento de tierras (corte o relleno), misma que debe resistir adecuadamente los esfuerzos a ella transmitida.

Para que una capa de pavimento cumpla su función, Montejo señala que es necesario que cumpla con los siguientes requisitos:

- ✓ Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tráfico.
- ✓ Ser resistente a los agentes del medio ambiente.
- ✓ Presentar una textura adecuada a la velocidad de diseño y ser resistente al desgaste abrasivo de las llantas de los vehículos.
- ✓ Ser durable.
- ✓ Ser económico en construcción y mantenimiento.
- ✓ Producir un ruido moderado en el interior de los vehículos al circular. (32)

Los pavimentos se clasifican en:

- ✓ Pavimento Rígido
- ✓ Pavimento Flexible
- ✓ Pavimento Semi rígido
- ✓ Pavimento articulado

Para la vía en estudio, se ha señalado como capa de rodadura D.T.S.B, que es un pavimento flexible.

## **4.1 Factores para el Diseño del Pavimento**

### **4.1.1 Suelos**

Suelo, desde el punto de vista de la ingeniería, aunque es muy amplio su concepto, puede definirse como todo material orgánico e inorgánico que cubra la costra rocosa de la tierra. Todos los suelos son prácticamente producto de la desintegración o intemperismo, realizado por fuerzas físicas, químicas o mecánicas, que han actuado sobre la formación de las rocas. (W right) 28.

Uno de los estudios primordiales para el diseño y construcción de una vía, es el estudio de los suelos, que permite predecir el comportamiento de la sub rasante, con base en algunas pruebas sencillas. Esto, debido a que sobre este (sub rasante) actuará cargas externas, que romperán su equilibrio natural, mismo que será sustituido por un equilibrio mecánico.

### **4.1.2 Toma de muestras**

Para la obtención de la información geotécnica vasca de los diversos tipos de suelos, deben efectuarse investigaciones de campo y laboratorio, que determinen su distribución y propiedades físicas.

Siguiendo el trazado de la vía, para extraer muestras del suelo a determinada profundidad, se realizaron excavaciones puntuales en forma de calicatas, a 1,50 metros de profundidad, con la ayuda de herramientas manuales (pico, pala y barreta), ya que son herramientas que permiten recoger el suelo a la profundidad deseada. Posteriormente, las muestras fueron colocadas en sacos, para ser trasladadas al laboratorio, lugar donde se realizaron los ensayos, que comprenden:

- ✓ Determinación del contenido de humedad.
- ✓ Límites de A tem bar.
- ✓ Análisis granulométrico.
- ✓ Clasificación de suelo (A A S H T O y S U C S).
- ✓ Determinación de los límites de consistencia.

- ✓ Determinación de humedad óptima y densidad máxima.
- ✓ Determinación de CBR.

Los resultados de estos ensayos reflejaron que dichas propiedades pertenecen a un suelo Limo Arcilloso (Ver Anexo 2).

#### **4.1.3 Características de los Suelos**

Los suelos se diferencian por sus propiedades: físicas, químicas y biológicas.

##### **4.1.3.1 Propiedades Físicas**

- ✓ Textura: es determinada por la proporción de partículas minerales de diverso tamaño que se encuentran presentes en el suelo.
- ✓ Estructura: es la forma en que las partículas se juntan para formar agregados.
- ✓ Densidad: es la cantidad de masa por unidad de volumen del suelo.
- ✓ Temperatura: esta influye en la distribución de la vegetación.
- ✓ Color: depende de sus componentes y varía con la cantidad de humedad.

##### **4.1.3.2 Propiedades Químicas**

Según AASTHO (IMCYC), las propiedades químicas de los suelos se caracterizan por:

- ✓ Capacidad de intercambio: corresponde a la capacidad del complejo arcilla humus de ceder nutrientes a las plantas por intermedio de la captación de partículas minerales.
- ✓ La fertilidad: se refiere a los nutrientes que están a disposición de las plantas.
- ✓ El PH: indica la acidez, la neutralidad o la alcalinidad del suelo.

#### **4.1.4 Clasificación de los Suelos**

El propósito del ordenamiento en grupos de los diferentes tipos de suelos, los cuales tienen propiedades semejantes, es el de facilitar las actitudes de un suelo por comparación con otros de la misma clase, cuyas propiedades se conocen.

En el Ecuador, el principal sistema de clasificación de suelos utilizado por el MOP, es el sistema de clasificación AASHTO y SUCS. Cada uno de estos tiene su campo de aplicación, según la necesidad y uso que lo haya fundamentado.

La clasificación de suelos, se realiza mediante un análisis mecánico y pruebas de laboratorio de rutina (con material retenido en malla N° 40).

##### **4.1.4.1 Clasificación de los suelos según la AASHTO**

De acuerdo con este sistema, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. Los suelos inorgánicos, se clasifican en siete grupos que van del A-1 al A-7 y los suelos con elevada proporción de materia orgánica, se clasifican como A-8. Esta norma trabaja con base en los resultados obtenidos de límite líquido, índice de plasticidad y material que pasa el tamiz No. 10, 40 y 200 (IMCYC).

##### **4.1.4.2 Clasificación unificada de los suelos (SUCS)**

Este sistema es utilizado para permitir la identificación de los suelos en el terreno, agrupa a los mismos, según su comportamiento como material para construcción, en función de sus propiedades de granulometría y plasticidad. El primer paso para clasificar al suelo consiste en identificar si es altamente orgánico o no. De llegar a serlo, se anota las principales características como textura, olor, entre otras, y se identifica simplemente como turba (Pt); y, si no lo es, se continúa el proceso con ayuda de pruebas de laboratorio, indicando si el suelo es grueso o fino.

Los dos tipos de clasificación de suelos, se relacionan como muestra la siguiente tabla:



**Tabla 24 Clasificación de los suelos, según norma AASHTO y AUCS**

| Clasificación de suelos<br>AASHTO | Clasificación de suelos ASTM<br>(SUCS) | Descripción          |
|-----------------------------------|----------------------------------------|----------------------|
| A - 1 - a                         | GW, GP, GM, SW, SP, SM                 | Piedra o grava       |
| A - 1 - b                         | GW, GP, SM, SP                         | Arena gruesa         |
| A - 2                             | GM, GC, SM, SC                         | Mat granular -       |
| A - 3                             | SP                                     | Arenas mal graduadas |
| A - 4                             | CL, ML                                 | Limos no plásticos   |
| A - 5                             | ML, MH, CH                             | Limos límite líquido |
| A - 6                             | CL, CH                                 | Arcilla plástica     |
| A - 7                             | OH, MH, CH                             | Arcilla plástica     |

Fuente: Método AASHTO

#### 4.2 Diseño de la Estructura de Pavimentos

Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendida(s) entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura adecuada, resistente a la acción del tránsito, a la intemperie y otros agentes perjudiciales (MTO P). Existen dos tipos de pavimentos: Flexibles y Rígidos:

- ✓ *Pavimentos Flexibles.* Son aquellos que tienen una base semirrígida, sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento forrada por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto.
- ✓ *Pavimentos Rígidos.* Son aquellos en los que la capa de rodadura esta forrada por concreto de cemento portland con o sin armadura metálica. En algunos casos, estos pavimentos pueden llevar una carpeta de desgaste formada por una mezcla bituminosa.

Un diseño correcto será el que llegue a satisfacer los requerimientos necesarios del servicio (resistencia y estabilidad en general) a mínimo costo. Las características de la vía de este estudio indicaron que el diseño apropiado es el flexible (D.T.S.B.), el ancho del pavimento se determina en función de las características del terreno y volumen del tránsito. Por lo tanto, se consideran los valores establecidos por el MTO P del Ecuador.

**Tabla 25 Ancho de pavimento, establecido por el M O P del Ecuador**

| C l a s e d e C a r r e t a                       | A n c h o d e P a v i m e n t o |                 |
|---------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|
|                                                   | R e c o m e n d a d a           | A b s o l u t a |
| C 3    0-500 T P D A                              | 7.5 (1)                         | 6.00 (1)        |
| (1) en la clase IV están incluidos los espaldones |                                 |                 |

Fuente: (M T O P).

#### 4.2.1 Estructuración de un pavimento flexible

Este tipo de pavimento está formado por una capa bituminosa, apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas (sub rasante mejorada, sub base, base), pero puede prescindirse de una de ellas o cambiarse por otra de mejor comportamiento estructural.

El M T O P asegura que el diseño de pavimento se realiza de modo consistente y uniforme, con el fin de permitir una solución económica del tipo de pavimento más conveniente a las condiciones existentes. Este procedimiento está dentro de los principios establecidos por la norma A A S T H O .

Las capas que componen la estructura del pavimento se detallan a continuación:

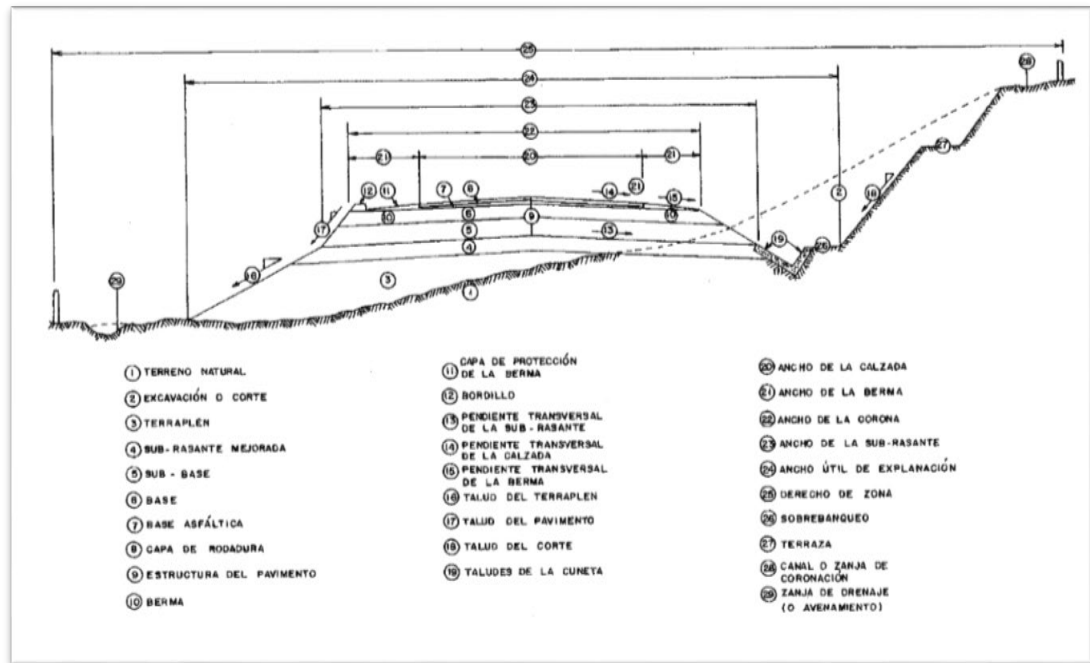


Fig. 16. Sección típica de un Pavimento Flexible.

Fuente: (Montejo).

Fecha: 1993

#### 4.2.1.1 Subrogante

El comportamiento de una estructura de pavimento flexible está directamente relacionado con las propiedades físicas y resistencia de los suelos del lecho de camino o sub rasante (M TOP).

#### 4.2.1.2 Sub-base

La capa que se encuentra por encima de la sub rasante se la conoce como sub base; sus principales funciones son:

- ✓ Actuar como dren para desalojar el agua procedente de la sub rasante, que se infiltra desde arriba, y para impedir el crecimiento capilar hacia la base.
- ✓ Absorber deformaciones perjudiciales en la sub rasante, que podrían llegar a reflejarse en el pavimento.
- ✓ Servir de transición entre el material de la base y el de la sub rasante.

#### 4.2.1.3 Base

La función principal de la base es estructural, y consiste en absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de tránsito y repartirlas uniformemente a la sub base y al terreno de fundación (M TOP).

#### 4.3 Diseño de pavimento flexible

El método señalado por el M TOP asegura que el diseño se hará de manera consistente y uniforme, con el fin de permitir una solución económica del tipo de pavimento más conveniente a las condiciones existentes, con base en la siguiente fórmula, desarrollada por la A A S H T O :

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left\{ \frac{PSI}{4.2 - 1.5} \right\}}{0.40 + \frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R - 8.07 \quad (34)$$

En donde:

- ✓ SN = número estructural en pulgadas.
- ✓ W<sub>18</sub> = número de cargas de 18K ips (80KN) previstas.
- ✓ Z<sub>R</sub> = abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.
- ✓ S<sub>0</sub> = desvío estándar de todas las variables.
- ✓ ΔPSI = pérdida de serviciabilidad.
- ✓ M<sub>R</sub> = módulo resistente de la sub rasante (psi).

El modelo de ecuación de diseño está basado en la pérdida del índice de serviciabilidad (ΔPSI) durante la vida de servicio del pavimento; siendo este un parámetro que representa las bondades de la superficie de rodadura para circular sobre ella.

#### 4.3.1 Variables de tiempo

AASHTO recomienda los siguientes períodos de diseño, en función del tipo de carretera:

**Tabla 26 Períodos de diseño en función del tipo de vía**

| Tipo de carretera                           | Período de diseño |
|---------------------------------------------|-------------------|
| Urbana con altos volúmenes de tránsito      | 30-50 años        |
| Rural con altos volúmenes de tránsito       | 20-50 años        |
| Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito | 15-25 años        |

Fuente: Método AASHTO

Según esta información, la vía en estudio estaría dentro de la clasificación de período de diseño 15-25 años, tomando como valor de diseño el de 20 años.

#### 4.3.2 Confiabilidad (R)

Con este criterio se trata de llegar a un cierto grado de certeza en el método de diseño, con el fin de asegurar el mínimo el período de las diversas alternativas que se obtengan de la sección estructural (M T O P).

**Tabla 27 Confiabilidad (R)**

| 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: Método AASHTO

El proyecto propuesto estaría inmerso en la clasificación “Colectoras” de carácter rural, por lo que se presume un valor de 90 %.

**Tabla 28 Valores de Desviación Estándar normal para niveles seleccionados de confiabilidad**

| Confiabilidad R (%) | Zr     | Confiabilidad R (%) | Zr     |
|---------------------|--------|---------------------|--------|
| 50                  | 0,000  | 93                  | -1,476 |
| 60                  | -0,253 | 94                  | -1,555 |
| 70                  | -0,524 | 95                  | -1,645 |
| 75                  | -0,674 | 96                  | -1,751 |
| 80                  | -0,841 | 97                  | -1,881 |
| 85                  | -1,037 | 98                  | -2,054 |
| 90                  | -1,282 | 99                  | -2,327 |
| 91                  | -1,340 | 99,9                | -3,090 |
| 92                  | -1,405 | 99,99               | -3,750 |

Fuente: Método AASHTO

Para el valor de confiabilidad adoptado (90 %), se toma el valor de -1,282.

#### 4.3.3 Criterios de adopción de niveles de serviciabilidad

Es un parámetro que indica todas las ventajas de la superficie de rodadura, a este parámetro se lo evalúa a través de un índice de serviciabilidad presente (PSI), el cual se califica entre 0 (pésimas condiciones) y 5 (perfecto). Los valores recomendados para el diseño del pavimento son:

- ✓ Serviciabilidad inicial ( $P_o$ ) = 4,2 para pavimentos flexibles
- ✓ Serviciabilidad final ( $P_t$ ) = 2,0 para caminos de tránsito menor
- ✓  $\Delta PSI = P_o - P_t$  (35)
- ✓  $\Delta PSI = 2.2$

#### 4.3.4 Período de Diseño

Es el tiempo estimado que se toma para el diseño de un pavimento, en función del tránsito, ya sea a 10 o 20 años. Para el diseño de pavimento del presente proyecto se toma el valor de 20 años.

#### 4.3.5 Desviación Estándar ( $S_0$ )

Los valores de " $S_0$ ", en los tramos de prueba de AASHTO, no incluyeron errores en la estimación del tránsito; sin embargo, el error en la predicción del comportamiento de las secciones en tales tramos fue de 0.25 para pavimentos rígidos y 0.35 para los flexibles, lo que corresponde a valores de la desviación estándar total de 0.35 y 0.45 para pavimentos rígidos y flexibles, respectivamente. Para el presente estudio, se toma el valor de 0.45.

#### 4.3.6 Módulo de Resilencia ( $M_r$ )

Para laboratorios que no poseen los equipos necesarios para determinar el módulo resiliente de la subrasante, el Modelo AASHTO propone el uso de la conocida correlación con el CBR, mediante la siguiente ecuación:

$$M_r = 1500 \times \text{CBR} \quad \text{si } \text{CBR} < 10\%$$

$$M_r = 3000 \times \text{CBR}^{0.96} \quad \text{si } 10\% \leq \text{CBR} \leq 20\%$$

$\text{CBR}_{\text{diseño}} = 3,15$  (obtenidos en ensayos de laboratorio)

Luego el valor del módulo de resiliencia será  $M_r = 4725$

#### 4.3.7 CBR de Diseño

Las muestras de suelo fueron tomadas en las abscisas 0+500, 1+500, 3+000, obteniendo en el laboratorio los siguientes datos:

**Tabla 29 Datos del lugar de toma de muestras para cálculo del CBR**

| Abscisas | CBR de diseño |
|----------|---------------|
| 0+500    | 4,00          |
| 1+500    | 3,00          |
| 3+000    | 3,50          |

Fuente: Elaboración propia.

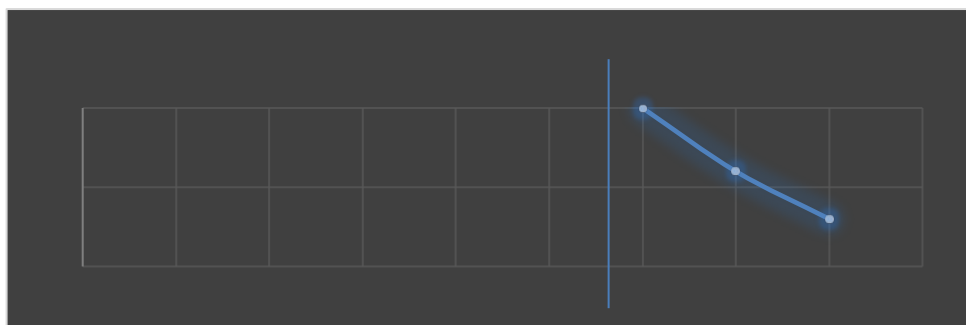


Fig. 17. CBR de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Fecha: 2018

Una vez graficado el CBR, donde se considera el 90 % de todos los valores resultantes de las pruebas realizadas, se identifica que el valor CBR de diseño es igual a 3,15 %. Debido a que el CBR de diseño es demasiado bajo, se deberá hacer una sustitución por materiales de mejoramiento.

#### 4.3.8 Conversión de tránsito en ESALs

En el Método AASHTO, los pavimentos se diseñan para que durante su vida útil, resistan un determinado número de cargas. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes. A los efectos del cálculo, se los transforma en un



número equivalente de ejes tipo de 80 KN o 18 KN o 18 Kips. En este caso, la conversión se hace a través de los factores de carga LEF (“load equivalent factor”)<sup>3</sup>.

**Tabla 30 Factores equivalentes de carga, eje simple**

| <i>Tabla 3.4. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, <math>p_t = 2.5</math></i> |       |            |            |            |             |             |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Carga por eje                                                                                                    |       | SN         |            |            |             |             |             |
| (kips)                                                                                                           | (KN)  | 1.0 (25.4) | 2.0 (50.8) | 3.0 (76.2) | 4.0 (101.6) | 5.0 (127.0) | 6.0 (152.4) |
| 2                                                                                                                | 8.9   | .0004      | .0004      | .0004      | .0004       | .0004       | .0004       |
| 4                                                                                                                | 17.8  | .003       | .004       | .004       | .003        | .002        | .002        |
| 6                                                                                                                | 26.7  | .011       | .017       | .017       | .013        | .01         | .009        |
| 8                                                                                                                | 35.6  | .032       | .047       | .051       | .041        | .034        | .031        |
| 10                                                                                                               | 44.5  | .078       | .102       | .118       | .102        | .088        | .080        |
| 12                                                                                                               | 53.4  | .168       | .198       | .229       | .213        | .189        | .176        |
| 14                                                                                                               | 62.3  | .328       | .358       | .399       | .388        | .360        | .342        |
| 16                                                                                                               | 71.2  | .591       | .613       | .646       | .645        | .623        | .606        |
| 18                                                                                                               | 80.0  | 1.00       | 1.00       | 1.00       | 1.00        | 1.00        | 1.00        |
| 20                                                                                                               | 89.0  | 1.61       | 1.57       | 1.49       | 1.47        | 1.51        | 1.55        |
| 22                                                                                                               | 97.9  | 2.48       | 2.38       | 2.17       | 2.09        | 2.18        | 2.30        |
| 24                                                                                                               | 106.8 | 3.69       | 3.49       | 3.09       | 2.89        | 3.03        | 3.27        |
| 26                                                                                                               | 115.7 | 5.33       | 4.99       | 4.31       | 3.91        | 4.09        | 4.48        |
| 28                                                                                                               | 124.6 | 7.49       | 6.98       | 5.90       | 5.21        | 5.39        | 5.98        |
| 30                                                                                                               | 133.5 | 10.3       | 9.5        | 7.9        | 6.8         | 7.0         | 7.8         |
| 32                                                                                                               | 142.4 | 13.9       | 12.8       | 10.5       | 8.8         | 8.9         | 10.0        |
| 34                                                                                                               | 151.3 | 18.4       | 16.9       | 13.7       | 11.3        | 11.2        | 12.5        |
| 36                                                                                                               | 160.0 | 24.0       | 22.0       | 17.7       | 14.4        | 13.9        | 15.5        |
| 38                                                                                                               | 169.1 | 30.9       | 28.3       | 22.6       | 18.1        | 17.2        | 19          |
| 40                                                                                                               | 178.0 | 39.3       | 35.9       | 28.5       | 22.5        | 21.1        | 23.0        |
| 42                                                                                                               | 186.9 | 49.3       | 45.0       | 35.6       | 27.8        | 25.6        | 27.7        |
| 44                                                                                                               | 195.8 | 61.3       | 55.9       | 44.0       | 34.0        | 31.0        | 33.1        |
| 46                                                                                                               | 204.7 | 75.5       | 68.8       | 54.0       | 41.4        | 37.2        | 39.3        |
| 48                                                                                                               | 213.6 | 92.2       | 83.9       | 65.7       | 50.1        | 44.5        | 46.5        |
| 50                                                                                                               | 222.5 | 112        | 102        | 79         | 60          | 53          | 55          |

Fuente: Método AASHTO

<sup>3</sup> El factor LEF es un valor numérico que expresa la relación entre pérdida de serviciabilidad causada por una carga dada de un tipo de eje y la producida por el eje standard de 80KN en el mismo eje.

Tabla 31 Factores equivalentes de carga, eje Tándem

| Tabla 3.5. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_t = 2.5$ |       |            |            |            |             |             |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Carga por eje                                                                                 |       | SN         |            |            |             |             |             |
| (kips)                                                                                        | (KN)  | 1.0 (25.4) | 2.0 (50.8) | 3.0 (76.2) | 4.0 (101.6) | 5.0 (127.0) | 6.0 (152.4) |
| 2                                                                                             | 8.9   | .0001      | .0001      | .0001      | .0000       | .0000       | .0000       |
| 4                                                                                             | 17.8  | .0005      | .0005      | .0004      | .0003       | .0003       | .0002       |
| 6                                                                                             | 26.7  | .002       | .002       | .002       | .001        | .001        | .001        |
| 8                                                                                             | 35.6  | .004       | .006       | .005       | .004        | .003        | .003        |
| 10                                                                                            | 44.5  | .008       | .013       | .011       | .009        | .007        | .006        |
| 12                                                                                            | 53.4  | .015       | .024       | .023       | .018        | .014        | .013        |
| 14                                                                                            | 62.3  | .026       | .041       | .042       | .033        | .027        | .024        |
| 16                                                                                            | 71.2  | .044       | .065       | .07        | .057        | .047        | .043        |
| 18                                                                                            | 80.0  | .070       | .097       | .109       | .092        | .077        | .070        |
| 20                                                                                            | 89.0  | .107       | .141       | .162       | .141        | .121        | .110        |
| 22                                                                                            | 97.9  | .160       | .198       | .229       | .207        | .180        | .166        |
| 24                                                                                            | 106.8 | .231       | .273       | .315       | .292        | .260        | .242        |
| 26                                                                                            | 115.7 | .327       | .370       | .420       | .401        | .364        | .342        |
| 28                                                                                            | 124.6 | .451       | .493       | .548       | .534        | .495        | .470        |
| 30                                                                                            | 133.5 | .611       | .648       | .703       | .695        | .658        | .633        |
| 32                                                                                            | 142.4 | .813       | .843       | .889       | .887        | .857        | .834        |
| 34                                                                                            | 151.3 | 1.06       | 1.08       | 1.11       | 1.11        | 1.09        | 1.08        |
| 36                                                                                            | 160.0 | 1.38       | 1.38       | 1.38       | 1.38        | 1.38        | 1.38        |
| 38                                                                                            | 169.1 | 1.75       | 1.73       | 1.69       | 1.68        | 1.70        | 1.73        |
| 40                                                                                            | 178.0 | 2.21       | 2.16       | 2.06       | 2.03        | 2.08        | 2.14        |
| 42                                                                                            | 186.9 | 2.76       | 2.67       | 2.49       | 2.43        | 2.51        | 2.61        |
| 44                                                                                            | 195.8 | 3.41       | 3.27       | 2.99       | 2.88        | 3.00        | 3.16        |
| 46                                                                                            | 204.7 | 4.18       | 3.98       | 3.58       | 3.40        | 3.55        | 3.79        |
| 48                                                                                            | 213.6 | 5.08       | 4.80       | 4.25       | 3.98        | 4.17        | 4.49        |
| 50                                                                                            | 222.5 | 6.12       | 5.76       | 5.03       | 4.64        | 4.86        | 5.28        |
| 52                                                                                            | 231.4 | 7.33       | 6.87       | 5.93       | 5.38        | 5.63        | 6.17        |
| 54                                                                                            | 240.3 | 8.72       | 8.14       | 6.95       | 6.22        | 6.47        | 7.15        |
| 56                                                                                            | 249.2 | 10.3       | 9.6        | 8.1        | 7.2         | 7.4         | 8.2         |
| 58                                                                                            | 258.1 | 12.1       | 11.3       | 9.4        | 8.2         | 8.4         | 9.4         |
| 60                                                                                            | 267.0 | 14.2       | 13.1       | 10.9       | 9.4         | 9.6         | 10.7        |
| 62                                                                                            | 275.9 | 16.5       | 15.3       | 12.6       | 10.7        | 10.8        | 12.1        |
| 64                                                                                            | 284.7 | 19.1       | 17.6       | 14.5       | 12.2        | 12.2        | 13.7        |
| 66                                                                                            | 293.6 | 22.1       | 20.3       | 16.6       | 13.8        | 13.7        | 15.4        |
| 68                                                                                            | 302.5 | 25.3       | 23.3       | 18.9       | 15.6        | 15.4        | 17.2        |
| 70                                                                                            | 311.4 | 29.0       | 26.6       | 21.5       | 17.6        | 17.2        | 19.2        |
| 72                                                                                            | 320.3 | 33.0       | 30.3       | 24.4       | 19.8        | 19.2        | 21.3        |
| 74                                                                                            | 329.2 | 37.5       | 34.4       | 27.6       | 22.2        | 21.6        | 23.6        |
| 76                                                                                            | 338.1 | 42.5       | 38.9       | 31.1       | 24.8        | 23.7        | 26.1        |
| 78                                                                                            | 347.0 | 48.0       | 43.9       | 35.0       | 27.8        | 26.2        | 28.8        |
| 80                                                                                            | 355.9 | 54.0       | 49.4       | 39.2       | 30.9        | 29.0        | 31.7        |
| 82                                                                                            | 364.8 | 60.6       | 55.4       | 43.9       | 34.4        | 32.0        | 34.8        |
| 84                                                                                            | 373.7 | 67.8       | 61.9       | 49.0       | 38.2        | 35.3        | 38.1        |
| 86                                                                                            | 382.6 | 75.7       | 69.1       | 54.5       | 42.3        | 38.8        | 41.7        |
| 88                                                                                            | 391.5 | 84.3       | 76.9       | 60.6       | 46.8        | 42.6        | 45.6        |
| 90                                                                                            | 400.4 | 93.7       | 85.4       | 67.1       | 51.7        | 46.8        | 49.7        |

Fuente: (Método AASHTO).

**Tabla 32 Recuento de conteo de tráfico**

| <b>Tipo de vehículo</b> | <b>Lunes</b> | <b>Martes</b> | <b>Miércoles</b> | <b>Jueves</b> | <b>Viernes</b> | <b>Sábado</b> | <b>Domingo</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|--------------|
| <b>Buses</b>            | 1            | 1             | 1                | 1             | 1              | 0             | 0              | 5            |
| <b>Camiones</b>         | 2            | 1             | 1                | 2             | 1              | 2             | 1              | 10           |
| <b>Livianos</b>         | 15           | 16            | 14               | 16            | 15             | 14            | 17             | 107          |

**Fuente: Elaboración propia.**

Tomando en cuenta un valor de 2.0 pulgadas para el espesor de pavimento flexible, se aplica la siguiente fórmula para el cálculo de los ESALs:

$$\text{ESALs} = \text{Numero de vehiculos} * \text{factor de crecimiento} * \text{factor camión}$$

Cálculo de ESALs (todo el tráfico):

**Tabla 33 Número de ESALs**

| <b>TPDA actual</b> | <b>i</b> | <b>Factor de crecimiento</b> | <b>Factor camión</b> | <b>Esals</b> |
|--------------------|----------|------------------------------|----------------------|--------------|
| buses b2           | 0.04     | 12.00610712                  | 4.956                | 21718.3274   |
| camiones c3        | 0.02     | 10.949721                    | 6.22                 | 71026.1474   |
| livianos           | 0.04     | 12.00610712                  | 0.0044               | 622.526945   |
|                    |          |                              | <b>total</b>         | 93367.0018   |

**Fuente: Elaboración propia.**

#### 4.3.9 Cálculo del número de ejes equivalentes de 8,2 Ton (W 18)

Para dicho cálculo, se emplea la siguiente fórmula, con la que se asume el valor más cercano:

$$W 18 = \frac{TPDA(Actual) + TPDA(Futuro)}{2} * 365 * g * LD * f_c * ESALs \quad (36)$$

En donde:

- ✓ W 18 = número de ejes equivalentes.
- ✓ g = factor de crecimiento.
- ✓ LD = factor de distribución por trocha.

De lo cual se asume el valor de diseño de 1.

ESALs = número de ESALs totales

**Tabla 34 Factor de distribución por trocha (LD)**

| Número de trochas en cada dirección | LD          |
|-------------------------------------|-------------|
| 1                                   | 1,00        |
| 2                                   | 0,80 - 1,00 |
| 3                                   | 0,60 - 0,80 |
| 4                                   | 0,50 - 0,75 |

Fuente: (Método AASHTO).

Para este diseño, se considera el valor mayor de W 18, que resulta ser el cálculo para todo tráfico W 18 = 93367.001.

#### 4.3.10 Propiedades de los materiales del pavimento y determinación de espesores

Las características y propiedades de las diferentes capas, se evalúan de acuerdo a su módulo de elasticidad, cuyos ensayos son realizados en el laboratorio de suelos. Los espesores necesarios para cada estrato, están en función del Número Estructural (SN), que representa la capacidad de un firme para soportar las solicitaciones del tráfico. La

fórmula general que relaciona el número estructural (SN) con los espesores de capa, es la siguiente:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * m_2 * D_2 + a_3 * m_3 * D_3 \quad (37)$$

En donde:

- ✓  $a_1, a_2, a_3$  = Coeficientes estructurales o de capa (estratos).
- ✓  $m_2, m_3$  = Coeficientes de drenaje.
- ✓  $D_1, D_2, D_3$  = Espesores de capas (estratos) en cm.

#### 4.3.11 Cálculo del SN

Para calcular el número estructural, se aplica la fórmula (34) del presente capítulo; mediante iteraciones, se empieza a dar valores a SN para cumplir la igualdad que dicha fórmula presenta, obteniendo como resultado el valor de  $SN = 2.80$ .

De la misma manera, se calcula el número estructural para el concreto asfáltico, base y sub base, al igual que el cálculo para obtener el módulo resiliente de cada uno de estos, debido a que el valor recomendado de CBR varía para cada uno de ellos. De acuerdo a la norma AASHTO, en la siguiente tabla, se obtienen los valores CBR,  $M_r(\text{psi})$  y SN:

**Tabla 35 Número estructural para concreto, base y sub base**

| Tipo de material   | CBR    | $M_r(\text{psi})$ | SN      |
|--------------------|--------|-------------------|---------|
| Concreto asfáltico | 266,67 | 400005            | 0,35625 |
| Base               | 60     | 90000             | 0,96455 |
| Sub base           | 40     | 60000             | 1,1737  |

Fuente: (Método AASHTO).

Existen tablas que indican espesores de capas que pueden ser construidas y protegidas de deformaciones permanentes por capas superiores más resistentes.

**Tabla 36 Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular**

| Esals             | Concreto asfáltico | Base Granular |
|-------------------|--------------------|---------------|
| Menos de 50000    | 2,5 cm             | 10 cm         |
| 50000 – 150000    | 5,0 cm             | 10 cm         |
| 150000 – 500000   | 6,5 cm             | 10 cm         |
| 500000 – 2000000  | 7,5 cm             | 10 cm         |
| 2000000 – 7000000 | 9,0                | 15 cm         |
| Más de 7000000    | 10,0               | 15 cm         |

Fuente: (Método AASHTO).

#### 4.3.12 Coeficientes de drenaje

El método de AASHTO se basa en la capacidad del drenaje para remover la humedad interna del pavimento, en la tabla siguiente se presentan los valores recomendados para  $m_2$  y  $m_3$  (bases y sub-bases granulares sin estabilizar), en función de la calidad del drenaje y el porcentaje del tiempo a lo largo de un año, en el que la estructura del pavimento pueda estar expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.

**Tabla 37 Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles**

| Calidad del Drenaje | Porcentaje de Tiempo al cual está Expuesta la Estructura del Pavimento a Niveles de Humedad Próxima a la Saturación |             |             |               |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------|
|                     | Menor del 1%                                                                                                        | 1 - 5%      | 5 - 25%     | Mayor del 25% |
| Excelente           | 1.40 - 1.35                                                                                                         | 1.35 - 1.30 | 1.30 - 1.20 | 1.20          |
| Bueno               | 1.35 - 1.25                                                                                                         | 1.25 - 1.15 | 1.15 - 1.00 | 1.00          |
| Regular             | 1.25 - 1.15                                                                                                         | 1.15 - 1.05 | 1.00 - 0.80 | 0.80          |
| Pobre               | 1.15 - 1.05                                                                                                         | 1.05 - 0.80 | 0.80 - 0.60 | 0.60          |
| Muy Pobre           | 1.05 - 0.95                                                                                                         | 0.95 - 0.75 | 0.75 - 0.40 | 0.40          |

Fuente: (Método AASHTO).

Al diseñar las alcantarillas y cunetas para el presente proyecto, con el fin de tratar de garantizar un drenaje óptimo, se puede decir que la calidad de drenaje encajaría como *excelente*, debido a que posee un valor de 1,25. Para el recapeo, se consideran los valores de 1,1 y para la capa de material de suelo un valor de 0,90. Por lo tanto  $m_2 = m_3 = 1,25$ .

#### 4.3.13 Estructura del pavimento flexible

El Método AASHTO recomienda el empleo, según la siguiente figura y las siguientes ecuaciones:

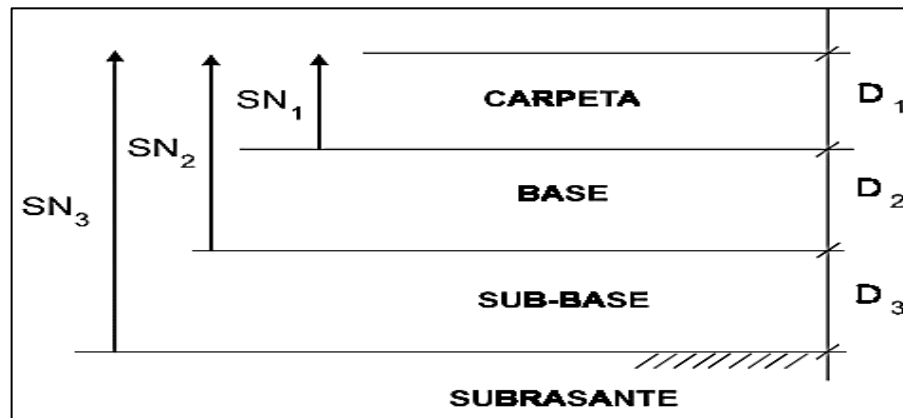


Fig. 18. Estructura de pavimento flexible.

Fuente: (Método AASHTO).

Fecha: 1993

$$\checkmark \quad D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad \Rightarrow \quad SN_1' = a_1 * D_1' \quad (37)$$

$$\checkmark \quad D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2} \quad \Rightarrow \quad SN_2' = a_2 * m_2 * D_2' \quad (38)$$

$$\checkmark \quad D_3 \geq \frac{SN - (SN_1' + SN_2')}{a_3 * m_3} \quad \Rightarrow \quad SN_3' = a_3 * m_3 * D_3' \quad (39)$$

Como se mencionó anteriormente, los valores de CBR, por recomendación de la norma AASHTO para concreto asfáltico, base y sub base, son: 266,67, 60 y 40, respectivamente. A continuación, se presenta una tabla que permite verificar la clasificación de base, sub base y sub rasante, según su CBR:

**Tabla 38 CBR para capas que conforman el pavimento flexible**

| <b>CBR para capas que conforman el pavimento flexible</b> |                            |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------|
| <b>CBR</b>                                                | <b>Clasificación</b>       |
| 0-5                                                       | Subrasante muy mala        |
| 5-10                                                      | Subrasante mala            |
| 10-20                                                     | Subrasante regular a buena |
| 20-30                                                     | Subrasante muy buena       |
| 30-50                                                     | Subbase buena              |
| 50-80                                                     | Base buena                 |
| 80-100                                                    | Base muy buena             |

Fuente: (Método AASHTO).

#### **4.3.14 Coeficientes estructurales por capa**

Para obtener los resultados, es preciso el apoyo de la información de los gráficos que se adjuntan en cada uno de los cálculos.

##### **4.3.14.1 Concreto asfáltico**

Su coeficiente estructural ( $a_1$ ), se puede calcular con la ayuda de la figura representada a continuación, con un  $M_r = 400005$ , obtenido anteriormente, donde el ábaco expuesto refleja un valor para el coeficiente estructural Marshal:

$$a_1 = 0,385$$



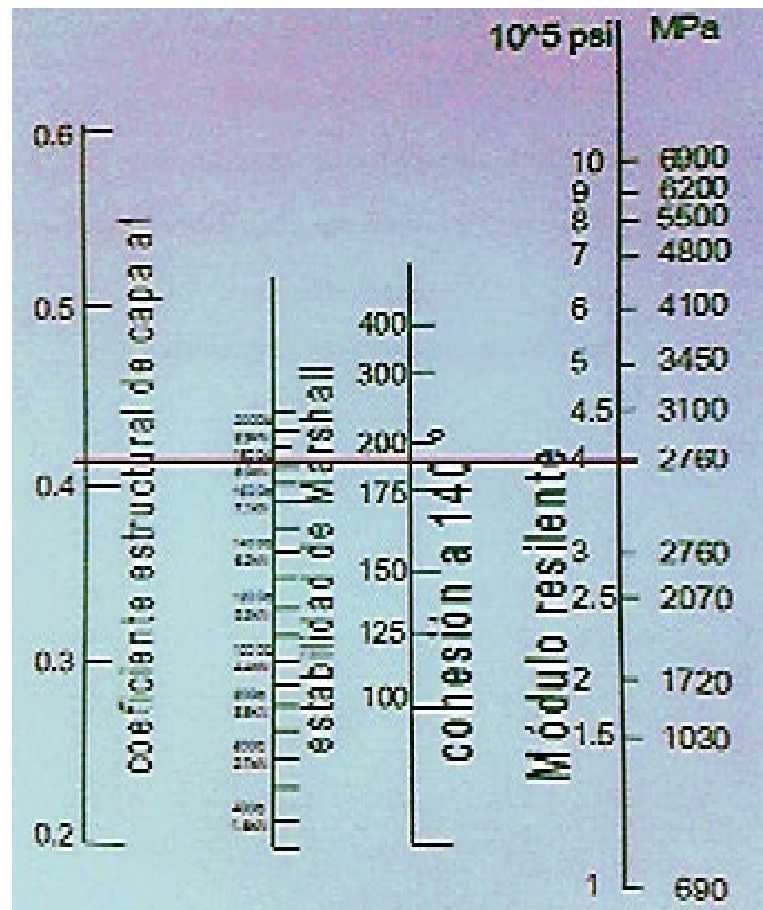


Fig. 19. Coeficiente estructural para el concreto asfáltico.

Fuente: (Método AASHTO).

Fecha: 1993

#### 4.3.14.2 Capa de base

Para el cálculo del coeficiente estructural ( $a_2$ ), se toma como referencia el ábaco expuesto a continuación, donde  $a_2 = 0,133$ .

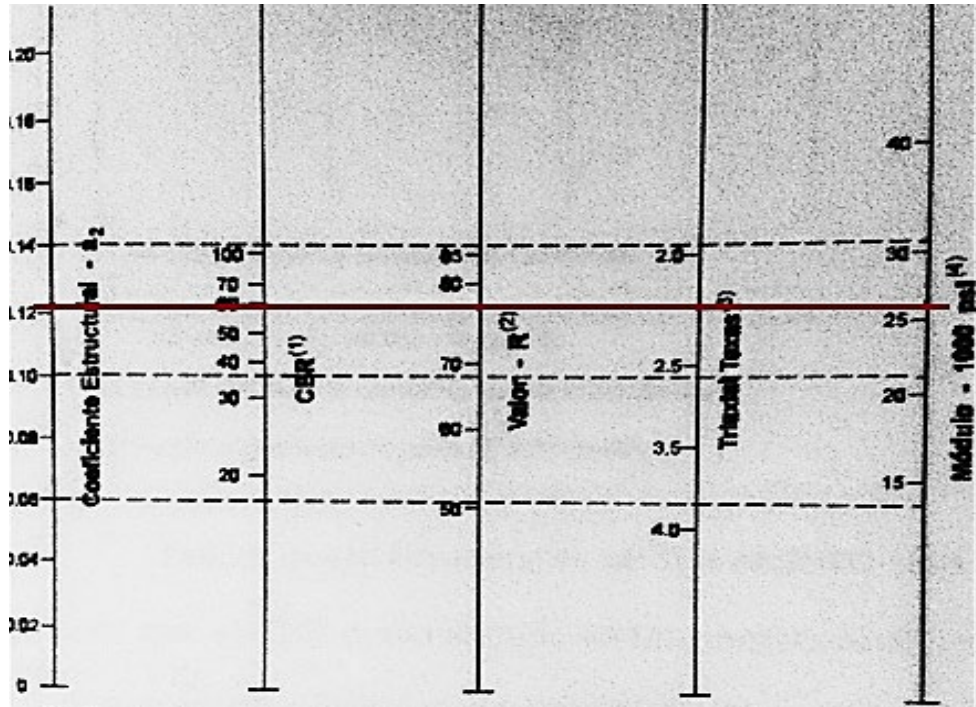


Fig. 20. Coeficiente estructural para la base.

Fuente: (Método AASHTO).

Fecha: 1993

#### 4.3.14.3 Capa de sub-base

Para el cálculo del coeficiente estructural ( $a_3$ ), se toma como referencia el ábaco expuesto a continuación, donde  $a_3 = 0,093$ .

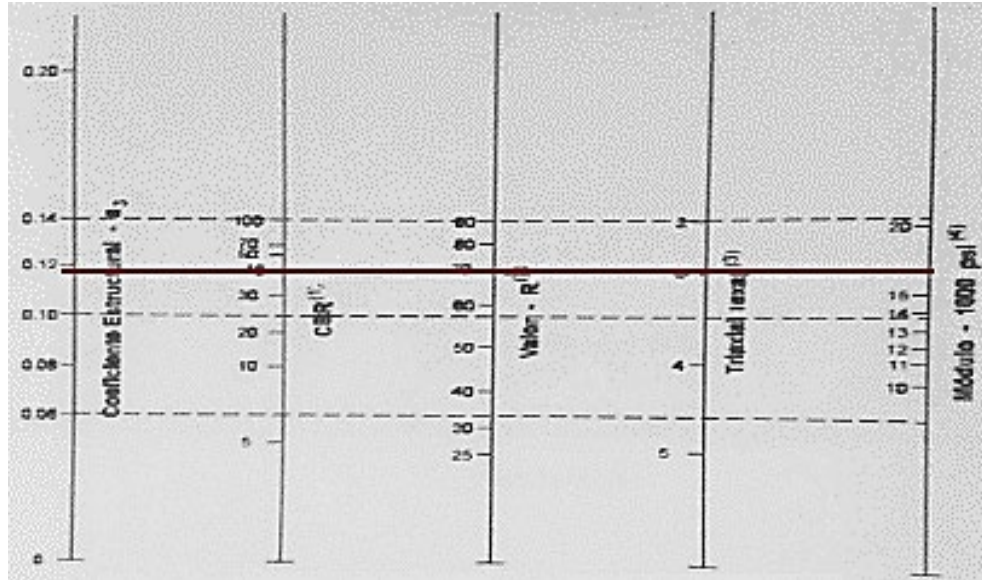


Fig. 21. Coeficiente estructural para la sub base.

Fuente: (Método AASHTO).

Fecha: 1993

#### 4.3.15 Espesores de la estructura de la vía

### HOJA DE CALCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

METODOLOGIA AASHTO 1993

Periodo de Diseño de 0 a 20 años

|               |                                      |                    |            |
|---------------|--------------------------------------|--------------------|------------|
| Proyecto :    | Estudio Vía Cauquil -<br>Parcaspamba | Fecha :            | 08/03/2018 |
| Tramo :       | Tramo II                             | Ing. Responsable : | J Torres   |
| Contratista : |                                      | Téc. Laboratorio : |            |
| Supervisor :  |                                      | Diseño Nro. :      | 0001       |

### ECUACIÓN DE CÁLCULO

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 2.0} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(MR) - 8.07$$

#### 1.00 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Módulo de Resiliencia de la Capa Asfáltica

1.1 (psi).

382008

*Módulo de Resiliencia de la Base Granular*  
 1.2 Estabilizada (psi).

*Módulo de Resiliencia de la Base Granular*  
 1.3 (psi). 42205

*Módulo de Resiliencia de la Sub Base Granular*  
 1.4 (psi) 42205

**2.00 PROPIEDADES DE LA SUB RASANTE**

2.1 CBR de la Sub Rasante (%) 3.15

2.2 Módulo de Resiliencia de la Sub Rasante (psi) 5325

**3.00 DATOS DE ESTUDIO DE TRAFICO Y PROPIEDADES**

3.1 Número de Ejes Equivalente Total (W18). 93367.00175

3.2 Factor de Confiabilidad (R.). 90%

3.3 Desviación Estándar Normal (Zr). -1.282

3.4 Error Estándar Combinado (So). 0.45

**4.00 DATOS DE SERVICIABILIDAD**

4.1 Serviabilidad Inicial. 4.20

4.2 Serviabilidad Final. 2.00

4.3 Índice de Serviabilidad. 2.20

**5.00 PERIODO DE DISEÑO EN AÑOS**

5.1 Periodo de Diseño. 20 Años

**6.00 DATOS DE ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

**6.1 PROPIEDADES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO**

*Estabilidad Marshall de la Superficie de*  
 6.1.1. *Rodadura* 2500

*Estabilidad Marshall de la Base Granular*  
 6.1.2. *Estabilizada*

6.1.3. *CBR Base Granular* 80

6.1.4. *CBR Sub Base Granular* 80

**6.2 COEFICIENTES DE REDUCCION ESTRUCTURAL**

*Coeficiente de Reducción Estructural de la*  
 6.2.1. *Superficie de Rodadura* 0.385

*Coeficiente de Reducción Estructural de la*  
 6.2.2. *Base Granular Estabilizada*

*Coeficiente de Reducción Estructural de la*  
 6.2.3. *Base Granular Estabilizada* 0.133

*Coeficiente de Reducción Estructural de la*  
 6.2.4. *Sub Base Granular* 0.093

**CALIDAD DE****6.3 DRENAJE**

6.3.1. *Calidad de Drenaje de la Base Granular* Excelente

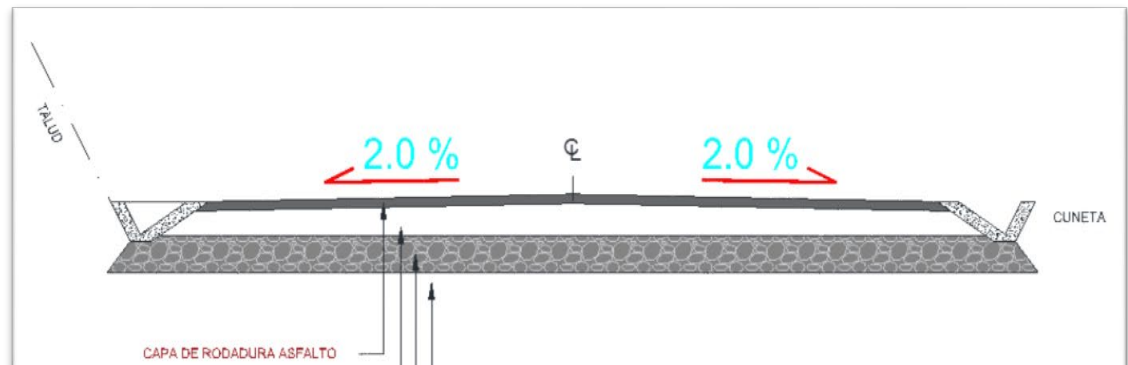
*Tiempo de Exposición de la Base Granular*  
 6.3.2. *a Saturación* 60

6.3.3. *Coeficiente de Drenaje de la Base Granular* 1.24

*Calidad de Drenaje de la Sub Base*  
 6.3.4. *Granular* Excelente

*Tiempo de Exposición de la Sub Base*  
 6.3.5. *Granular a Saturación* 60

*Coeficiente de Drenaje de la Sub Base**6.3.4. Granular**1.24***NUMEROS****7.00****ESTRUCTURALES***7.1 Número Estructural Requerido Total 2.800**7.2 Número Estructural Superficie de Rodadura 0.689**Número Estructural Base Granular**7.3 Estabilizada**7.4 Número Estructural Base Granlar 0.965**7.5 Número Estructural Sub Base Granular 1.1737**7.6 Número Estructural Propuesto 2.827***DESARROLLO DE****8.00****FORMULAS***8.1 Solución Fórmula Log10(W18) 4.9702**8.2 Solución Fórmula AASHTO 4.9685***9.00****ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA***9.1 Espesor de Superficie de Rodadura 4.50**9.2 Espesor de Base Granular Estabilizada**9.3 Espesor de Base Granular 18.40**9.4 Espesor de Sub Base Granular 32.10***COMPROBACION DE DISEÑO****10.00****ESTRUCTUIRAL DE PAVIMENTO***Comprobación de Diseño Estructural del**8.1**Pavimento**Eficiente*



**Fig. 22. Estructura de pavimento diseñada.**

Fuente: Elaboración propia.

Fecha: 2018

**Tabla 39 Cuadro de Resumen de espesores de capas de pavimento diseñadas**

| Capa                          | Espesor |
|-------------------------------|---------|
| Capa de rodadura<br>(asfalto) | 4.5 cm  |
| Base                          | 20 cm   |
| Sub base                      | 30 cm   |

Fuente: Elaboración propia.



## CAPÍTULO V

### 5 OBRAS COMPLEMENTARIAS.

Es preciso, en esta parte del diseño, tomar en cuenta obras complementarias como el sistema de drenaje vial, que resulta de vital importancia para el funcionamiento y operación de la carretera; este, tiene cuatro funciones principales:

- .1. Desalojar rápidamente el agua de lluvia que cae sobre la calzada;
- .2. Controlar el nivel freático;
- .3. Interceptar al agua que superficial o subterráneamente escurre hacia la carretera; y,
- .4. Conducir de forma controlada el agua que cruza la vía.

Las primeras tres funciones son realizadas por drenajes longitudinales, tales como cunetas, cunetas de coronación, canales de encauzamiento, bordillos y sub drenes; mientras que, la última función es realizada por drenajes transversales, como las alcantarillas y puentes. (M O P).

#### 5.1 Estudio hidrológico

El estudio hidrológico incluye dos factores principales que son la precipitación y la escorrentía, y se complementa con todo lo que respecta al cálculo de parámetros de mediciones de forma, tiempos de concentración, duración e intensidad de lluvias y cálculo de caudales a partir de las diferentes metodologías existentes. Para ello, se debe construir un sistema de drenaje adecuado que tenga la capacidad de evacuar el flujo en condiciones extremas de lluvia.

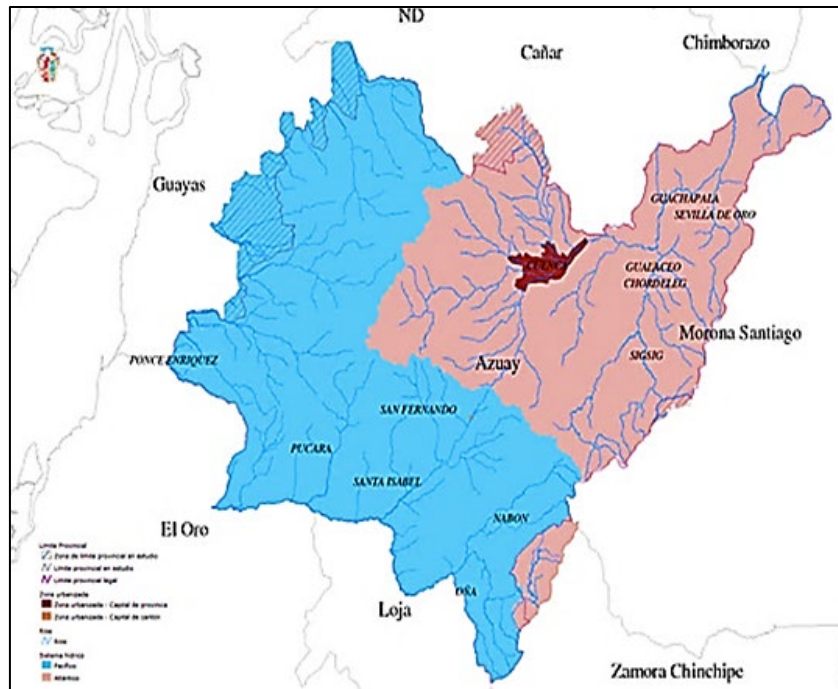


Fig. 23. Sistema Hídrico de la Provincia del Azuay.

Fuente: GIS; <http://gis.uazuay.edu.ec/visorAtlas/azuay.phtml>.

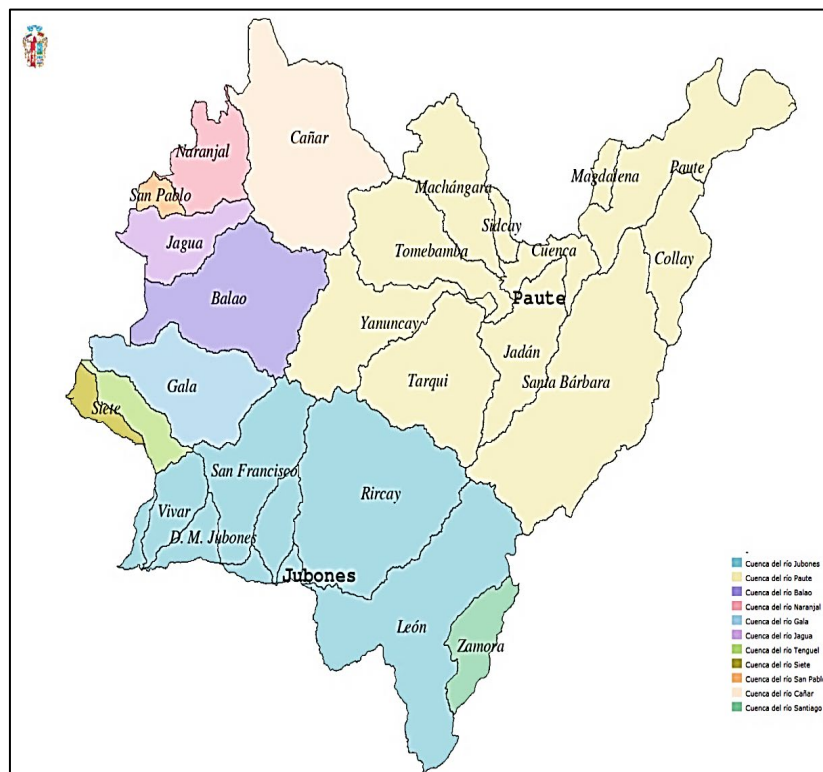


Fig. 24. Cuencas que pertenecen a la Provincia del Azuay.

Fuente: GIS; <http://gis.uazuay.edu.ec/visorAtlas/azuay.phtml>.

## 5.2 Estudio climatológico

Para este estudio, se utilizaron los datos que proporciona la estación meteorológica M 419, ubicada en la cuenca del río Jubones DJ Minas, latitud 3G 9' 14" S, longitud 79G 8' 58" W, la misma que se encuentra activa y que aporta al estudio climatológico de la zona.

### 5.2.1 Análisis de precipitaciones

La red de estaciones meteorológicas del área del proyecto<sup>4</sup>, es relativamente escasa, habiéndose identificado la estación M 419, ubicada en la cuenca del río Jubones DJ Minas, cercana a la zona del Proyecto, esta cuenta con registros de precipitación máxima en 24 horas y precipitación media mensual.



Fig. 25. Estaciones meteorológicas e hidrológicas.

Fuente: (INAMHI).

<sup>4</sup> La información meteorológica se encuentra en los Anuarios Meteorológicos del INAMHI, cuya fuente fue utilizada para este estudio.

### 5.2.1.1 Precipitación media mensual

Los registros de precipitación máxima mensual en la estación M 419, tomados desde el año 2006 hasta el año 2010, abarcan dos períodos de invierno para cada año, el primero se presenta en el mes de marzo y el segundo en el mes de diciembre. Las precipitaciones promedio, se establecieron de la siguiente manera:

**Tabla 40 Precipitación media mensual**

| <b>Precipitación Media Mensual</b> |             |             |             |             |             |                 |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
|                                    | <b>2006</b> | <b>2007</b> | <b>2008</b> | <b>2009</b> | <b>2010</b> | <b>PROMEDIO</b> |
| ENERO                              | 97,9        | 86,2        | 142,7       | 111,5       | 38,3        | 95,32           |
| FEBRERO                            | 184         | 32,3        | 145,9       | 51,1        | 109,8       | 104,62          |
| MARZO                              | 185,2       | 144,4       | 281,9       | 70,9        | 313,9       | 199,26          |
| ABRIL                              | 211,6       | 0           | 63,9        | 58,4        | 56,9        | 78,16           |
| MAYO                               | 14,9        | 74,1        | 44,5        | 68          | 52,6        | 50,82           |
| JUNIO                              | 20,5        | 21,2        | 38,8        | 8,8         | 88,6        | 35,58           |
| JULIO                              | 3,08        | 8,5         | 10,3        | 0,5         | 86,6        | 21,8            |
| AGOSTO                             | 8,2         | 3,3         | 14,6        | 4,5         | 5,4         | 7,2             |
| SEPTIEMBRE                         | 9,7         | 3,3         | 17,2        | 0,3         | 0           | 6,1             |
| OCTUBRE                            | 31,5        | 51,5        | 48,8        | 40,1        | 176         | 69,58           |
| NOVIEMBRE                          | 60,9        | 83,3        | 168,5       | 23,2        | 0           | 67,18           |
| DICIEMBRE                          | 110,1       | 100,8       | 108,1       | 51,6        | 193,7       | 112,86          |

Fuente: (INAMHI).

### 5.2.1.2 Precipitación máxima en 24 horas

Las precipitaciones permiten determinar los caudales de diseño de las diferentes obras hidráulicas, es por ello que, ha sido necesario investigar los registros de las precipitaciones máximas en 24 horas, del período 2006-2010, recopilados por el INAMHI, a través de los centros meteorológicos, para lo que se han considerado los dos valores más altas.

**Tabla 41 Precipitaciones máximas en 24 horas**

| Precipitaciones Máximas en 24 Horas, años 2006-2010 |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| Precipitación                                       | Mes y Año |
| 50,8                                                | 30-Mar-08 |
| 25,7                                                | 2-May-09  |

Fuente: Elaboración propia.

## 5.3 Análisis de caudales

Para este análisis, se utilizará los datos de la estación hidrológica H 528 JUBONES DE MINAS, cuya información disponible corresponde a caudales medios diarios y mensuales, que será revisada más adelante, en este mismo capítulo.

### 5.3.1 Sistema de drenaje de la vía

El sistema de drenaje de la vía está específicamente diseñado para captar, conducir y evacuar el agua superficial que corre sobre el terreno natural y por sobre la estructura de la vía. Este puede ser de dos tipos: Drenaje longitudinal y Drenaje Transversal.

### 5.3.2 Drenaje longitudinal

*Cunetas.* Son canales que se construyen en las zonas de corte, a uno o a ambos lados de una carretera, con el propósito de interceptar el agua de lluvia que escurre de la corona de la vía, del talud del corte y de pequeñas áreas adyacentes, para conducirla a un drenaje natural o a una obra transversal, con la finalidad de alejarla. Las dimensiones, pendiente

y demás características de las cunetas, se hacen en función del caudal que va a pasar por ellas, haciendo uso de la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{A * R^{2/3} * S^{1/2}}{n} \quad (26)$$

En donde:

- ✓  $Q$  = El caudal máximo probable, en  $m^3/s$ .
- ✓  $n$  = El coeficiente de rugosidad.
- ✓  $R$  = El radio hidráulico, en  $m$ .
- ✓  $S$  = La pendiente de la planicie, en  $m/m$ .

### 5.3.3 Drenaje transversal

*Alcantarillas.-* Las alcantarillas son conductos cerrados, de forma diversa, que se instalan o construyen transversalmente y por debajo del nivel de sub rasante de una carretera, con el objeto de conducir, hacia cauces naturales, el agua de lluvia proveniente de pequeñas cuencas hidrográficas, arroyos o esteros, canales de riego, cunetas y/o del escurrimiento superficial de la carretera.

También existen obras complementarias de drenaje transversal, que ayudan a encauzar y eliminar las aguas superficiales, como son: el bombeo, las rampas de descarga, las bermas, el sembrado de especies vegetales y los canales interceptores. Estas obras complementarias deben hacerse solamente en los lugares que se requieran, pues de otra manera serían un derroche y correrían el riesgo de obtener resultados contraproducentes.

*Bombeo (pendiente transversal).* Es la pendiente transversal que se proporciona a la corona de la carretera para permitir que el agua que cae directamente, sobre esta, escurra hacia sus espaldones. En las carreteras de dos carriles de circulación y en secciones en tangente, es común que el bombeo de la capa de rodadura sea del 2% de pendiente y en los espaldones sea del 4%; en las secciones en curva, el bombeo se superpone con la sobrelevación necesaria, de manera que la pendiente transversal se desarrollará sin discontinuidades, desde el espaldón más elevado al más bajo. (M T O P).

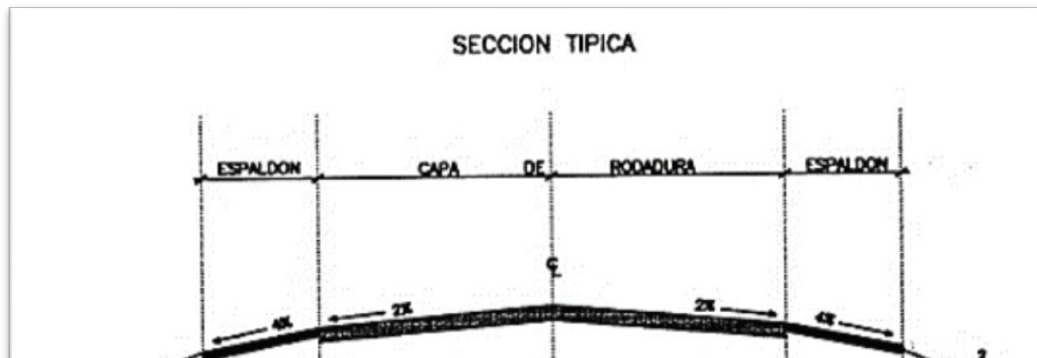


Fig. 26. Bombeo de sección tangente.

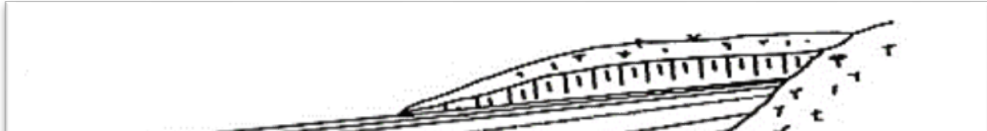
Fuente: (M T O P).

Fig. 27. Bombeo en sección curva.

Fuente: (M T O P).

*Rampas de Descarga.* Son canales que se conectan con las cunetas y descienden transversalmente por los taludes de la vía. En general son estructuras de muy fuertes pendientes y en estas circunstancias radica la mayoría de los problemas que las afectan. (M T O P). Las rampas son estructuras que deberán proyectarse, únicamente cuando se consideran realmente necesarias. Esto está relacionado con la necesidad de proteger

terraplenes formados por materiales erosionables y que no están lo suficientemente protegidos por otros métodos o elementos como la vegetación.



**Fig. 28. Rampa de descarga de agua.**

Fuente: (M T O P).

*Vegetación.* Una de las más efectivas protecciones de los taludes de un corte o un terraplén o del terreno natural contra la acción erosiva del agua superficial, es la siembra de especies vegetales, éstas retardan el escurrimiento, disminuyendo la energía del agua y contribuyendo a fomentar una conducción de equilibrio en los suelos, en referencia al contenido de agua. (M T O P).

La deforestación sistemática, el deshierbe o el desenraice excesivos en la zona de derecho de vía o en la zona de influencia de una vía, deben considerarse como malas prácticas constructivas. Cuando no exista vegetación, la siembra de especies vegetales deberá estar al cuidado de especialistas, que utilicen variedades apropiadas en la región, cuyo crecimiento pueda ocurrir con los mínimos cuidados iniciales. (M T O P).

### **5.3.2 Ubicación y diseño de las alcantarillas de drenaje y cabezales**

Para la ubicación del sistema de alcantarillado se debe cumplir las normas especificadas de distanciamiento máximo, pendientes máximas, secciones mínimas para el mantenimiento y los tipos de estructura dependiendo de la ubicación de cada alcantarilla de acuerdo a las recomendaciones del manual de diseño de carreteras del M T O P. A más de lo mencionado, se deben identificar los lugares más adecuados en el trazado de la vía, ya que pueden ser los puntos más bajos de tramos de carretera, en cursos naturales de drenaje que atraviesan la vía.



El drenaje longitudinal abarca las obras de captación y defensa, cuya ubicación será obligatorio establecer, calculando el área hidráulica requerida, sección, longitud, pendiente y nivelación del fondo, seleccionando el tipo de proyecto constructivo.

#### **5.4 Alcantarillas**

Son estructuras que sirven para desalojar el agua del camino, las corrientes de agua capturadas por el sistema de drenaje superficial (cunetas) y las aguas interrumpidas por el paso del carretero. Las alcantarillas pueden ser elaboradas en láminas de acero corrugadas, hormigón armado, mampostería, arcilla vítrea, lámina de aluminio corrugado y lámina de acero inoxidable. (M T O P).

Para el cálculo de la sección hidráulica de las alcantarillas de descarga de cuneta, se ha tomado en cuenta la práctica habitual, que consiste en analizar el caso más desfavorable y, con ello, calcular la sección hidráulica típica, evitándose de este modo tener una miscelánea de secciones de alcantarilla.

#### **Fig. 29. Alcantarilla modelo.**

Fuente: (M T O P).

##### **5.4.1 Localización de las alcantarillas**

Las alcantarillas deberán instalarse o construirse, siguiendo la alineación, pendiente y cotas de nivel del cauce de la corriente, facilitando de esta manera que el agua circule libremente, sin interrupciones, y reduciendo, al mínimo, los riesgos de erosión. El levantamiento topográfico proporcionará la localización de la alcantarilla (M T O P).

- ✓ *Pendiente:* Para evitar la sedimentación se recomienda una pendiente mínima de 0.5% .
- ✓ *Alineación:* La localización óptima de una alcantarilla consistirá en proporcionar a la corriente una entrada y una salida directa.

Con base en la topografía de la franja vial, se ha podido localizar puntos de interés tales como quebradas y lugares necesarios para evacuar agua, convirtiéndose estos en los lugares donde se ubicarán las alcantarillas de evacuación.

De acuerdo a la ubicación de las alcantarillas y al área de influencia para cada una, se calculó el caudal. A continuación se detalla la tabla de ubicación:

**Tabla 42 Caudal total en alcantarillas**

| Abscisa |
|---------|
| 4+140   |
| 4+480   |
| 4+800   |
| 5+150   |
| 5+550   |

Fuente: Elaboración propia.

#### **5.4.2 Longitud de la alcantarilla**

La alcantarilla deberá tener una longitud suficiente para que sus extremos (entrada y salida) no queden obstruidos con sedimentos, ni sean cubiertos por el talud del terraplén; la longitud de la alcantarilla dependerá del ancho de la corona de la carretera, de la altura del terraplén, de la pendiente del talud, de la alineación y pendiente de la alcantarilla (M T O P).

#### **5.4.3 Velocidad de la corriente**

Las alcantarillas por su característica, generalmente, incrementan la velocidad del agua con respecto a la de la corriente natural, aunque lo ideal sería que la velocidad en el cauce aguas abajo fuese la misma que tenía antes de construir la alcantarilla. Las altas velocidades en la salida son las más peligrosas y la erosión potencial en ese punto es un

aspecto que deberá tenerse en cuenta. Para establecer la necesidad de protección contra la erosión, la velocidad a la entrada y/o salida deben compararse con la máxima velocidad permisible (no erosiva) del material del cauce, inmediatamente aguas arriba y/o aguas abajo de la estructura. Cuando la velocidad de salida resulte muy alta o el material del cauce es particularmente susceptible a la erosión, podrían requerirse dispositivos para disipar la energía del escurrimiento de salida. Estos dispositivos pueden variar desde un delantal inclinado hasta un tanque de amortiguación.

#### 5.4.4 Carga admisible a la entrada

Se considera que la alcantarilla opere con una carga, en la entrada, no mayor al 75% de la altura de la alcantarilla; para definir el proyecto longitudinal de la sub rasante, se deberá tener presente que, tanto tubos como bóvedas, requerirán de un relleno mínimo de protección entre 0,60 m y 1,00 m, por encima de los mismos; en cambio, la losa superior de los cajones puede quedar, en ocasiones, al nivel de la sub rasante del camino. (M T O P).

#### 5.4.5 Diseño hidráulico

*Caudal de Escorrentía:* Se utilizará un período de retorno de 100 años, que se recomienda para caminos vecinales; la precipitación máxima en 24 horas, se obtendrá de los registros de las estaciones pluviométricas; para el cálculo del caudal de diseño, se hará uso del modelo precipitación – escorrentía para la generación de caudales, mediante la aplicación del modelo comúnmente utilizado en Hidrología, como es el método racional, aplicado a cuencas de extensión menor o igual a 5 Km<sup>2</sup>.

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360} \quad (27)$$

En donde:

- ✓ Q = El caudal máximo probable, en m<sup>3</sup>/s.
- ✓ C = Coeficiente de escorrentía.
- ✓ I = La intensidad de la precipitación, en mm/h, para una duración igual al tiempo de concentración.
- ✓ A = Área de la cuenca, en Ha.

La intensidad de la lluvia hace referencia al valor medio y al tiempo de duración de la misma, tomando en cuenta que la precipitación máxima de 24 horas, señalada anteriormente, es de 50.8mm.

El coeficiente de escorrentía se lo toma de la siguiente tabla:

**Tabla 43 Coeficiente de escorrentía (C)**

| COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C |              |                       |      |       |       |             |
|------------------------------|--------------|-----------------------|------|-------|-------|-------------|
| COBERTURA VEGETAL            | TIPO SUELO   | PENDIENTE DEL TERRENO |      |       |       |             |
|                              |              | PRONUNCIADA           | ALTA | MEDIA | SUAVE | DESPECIABLE |
|                              |              | 50%                   | 20%  | 5%    | 1%    |             |
| SIN VEGETACION               | IMPERMEABLE  | 0.80                  | 0.75 | 0.70  | 0.65  | 0.60        |
|                              | SEMIERMEABLE | 0.70                  | 0.65 | 0.60  | 0.55  | 0.50        |
|                              | PERMEABLE    | 0.50                  | 0.45 | 0.40  | 0.35  | 0.30        |
| CULTIVOS                     | IMPERMEABLE  | 0.70                  | 0.65 | 0.60  | 0.55  | 0.50        |
|                              | SEMIERMEABLE | 0.60                  | 0.55 | 0.50  | 0.45  | 0.40        |
|                              | PERMEABLE    | 0.40                  | 0.35 | 0.30  | 0.25  | 0.20        |
| PASTOS VEGETACION LIGERA     | IMPERMEABLE  | 0.65                  | 0.60 | 0.55  | 0.50  | 0.45        |
|                              | SEMIERMEABLE | 0.55                  | 0.50 | 0.45  | 0.40  | 0.35        |
|                              | PERMEABLE    | 0.35                  | 0.30 | 0.25  | 0.20  | 0.15        |
| HIERBA, GRAMA                | IMPERMEABLE  | 0.60                  | 0.55 | 0.50  | 0.45  | 0.40        |
|                              | SEMIERMEABLE | 0.50                  | 0.45 | 0.40  | 0.35  | 0.30        |
|                              | PERMEABLE    | 0.30                  | 0.25 | 0.20  | 0.15  | 0.10        |
| BOSQUES DENSA VEGETACION     | IMPERMEABLE  | 0.55                  | 0.50 | 0.45  | 0.40  | 0.35        |
|                              | SEMIERMEABLE | 0.45                  | 0.40 | 0.35  | 0.30  | 0.25        |
|                              | PERMEABLE    | 0.25                  | 0.20 | 0.15  | 0.10  | 0.05        |

Fuente: (M T O P).

La intensidad de la lluvia viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{TR} = 137,27 * t^{-0.5153} * I_{dTR} \quad (28)$$

✓ 5 min < 60 min

✓ I = Intensidad de precipitación por cualquier período de retorno en mm/h.

✓ TR = Período de retorno considerado en años.

✓ t = Duración de la precipitación en minutos.

✓ I<sub>dTR</sub> = Intensidad diaria para un período de retorno dado en mm/h.

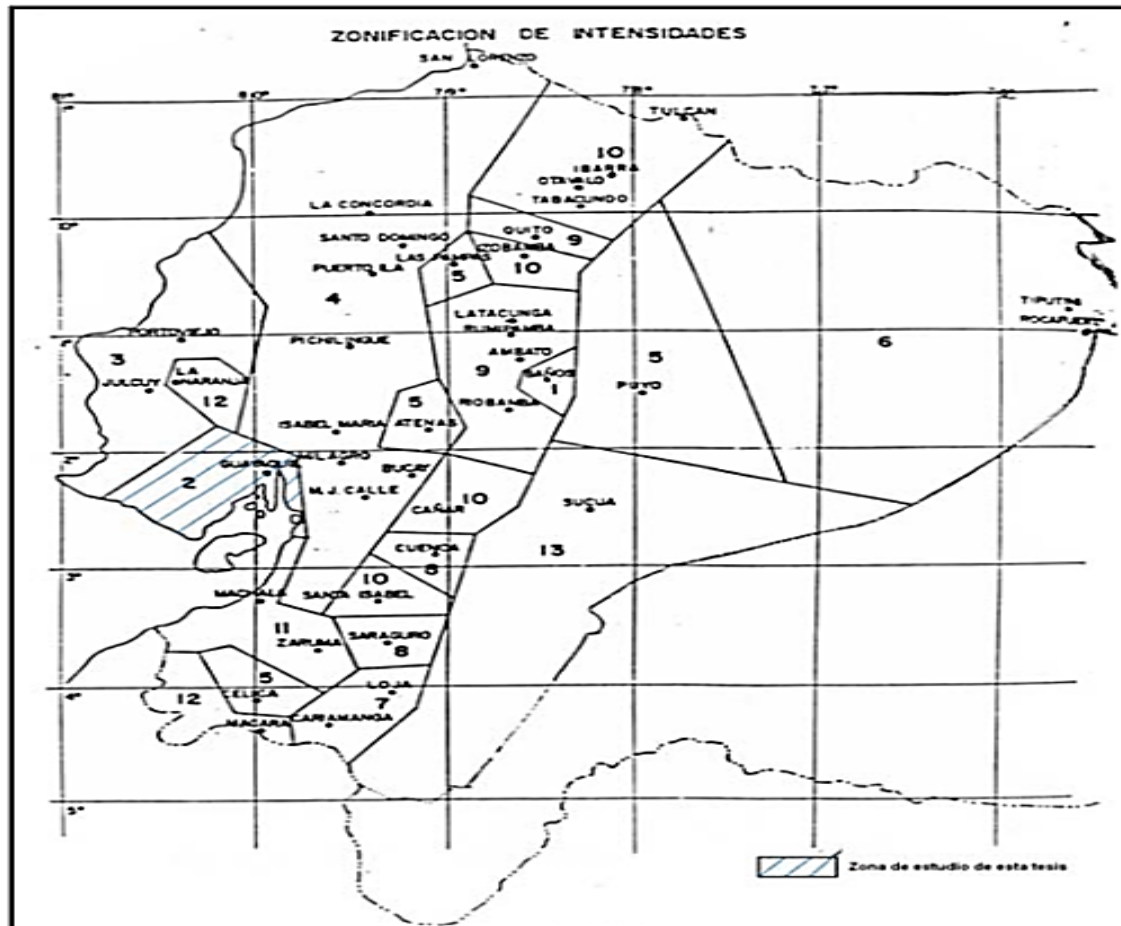


Fig. 30. Zonificación de la intensidad de precipitación.

Fuente: (INAMHI).

En el mapa, la zona de estudio que compete a este trabajo, se ubica en a la zona 10, en cuyo sector, la intensidad diaria de precipitación es:

✓ I 100 años = 46.86 mm/hora

Con las áreas de aportación, la intensidad, el tiempo de concentración y el método racional, se obtienen los siguientes datos:

**Tabla 44 Caudales de escorrentía de área de influencia**

| <b>Abscisa</b> | <b>Área de Aportación</b> | <b>C</b> | <b>Tiempo de concentración (min)</b> | <b>Intensidad</b> | <b>Q en m<sup>3</sup>/s</b> |
|----------------|---------------------------|----------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 4+140          | 2.02                      | 0.65     | 5                                    | 46.86             | 0.171                       |
| 4+480          | 1.56                      | 0.65     | 5                                    | 46.86             | 0.132                       |
| 4+800          | 2.05                      | 0.65     | 5                                    | 46.86             | 0.173                       |
| 5+150          | 3.2                       | 0.65     | 5                                    | 46.86             | 0.271                       |
| 5+550          | 2.48                      | 0.65     | 5                                    | 46.86             | 0.210                       |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 45 Caudal de escorrentía de la calzada**

| <b>Abscisa</b> | <b>Área</b> | <b>C</b> | <b>Tiempo de concentración (min)</b> | <b>Intensidad</b> | <b>Q en m<sup>3</sup>/s</b> |
|----------------|-------------|----------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 4+140          | 0.01064     | 0.65     | 5                                    | 46.86             | 0.001                       |
| 4+480          | 0.02584     | 0.65     | 5                                    | 46.86             | 0.002                       |
| 4+800          | 0.02432     | 0.65     | 5                                    | 46.86             | 0.002                       |
| 5+150          | 0.0342      | 0.65     | 5                                    | 46.86             | 0.003                       |
| 5+550          | 0.0608      | 0.65     | 5                                    | 46.86             | 0.005                       |

Fuente: Elaboración propia.

Con la suma de los caudales de escorrentía y los caudales de la calzada que se muestran en la tabla No 42, se obtienen los caudales totales, tal como se muestra a continuación:

**Tabla 46 Caudales totales de alcantarillas**

| Abscisa | Q total en m <sup>3</sup> /s |
|---------|------------------------------|
| 4+140   | 0.172                        |
| 4+480   | 0.134                        |
| 4+800   | 0.176                        |
| 5+150   | 0.274                        |
| 5+550   | 0.215                        |

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.6 Dimensionamiento hidráulico

Los diferentes diámetros necesarios para las alcantarillas, se obtuvieron a través de la “Ecuación de Manning”, donde luego se procedió a seleccionar un diámetro comercial.

**Tabla 47 Diámetros comerciales y dimensionamiento hidráulico**

| Abscisa | L (m) | Q total | S %  | n     | A (m <sup>2</sup> ) | P (m) | R (m) | D (m) | D comercial |
|---------|-------|---------|------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------------|
| 4+140   | 11    | 0.172   | 0,02 | 0,024 | 0,30                | 1,950 | 0,155 | 0.359 | 1,200       |
| 4+480   | 11    | 0.134   | 0,02 | 0,024 | 0,25                | 2.39  | 0,140 | 0.328 | 1,200       |
| 4+800   | 11    | 0.176   | 0,02 | 0,024 | 0,30                | 2.14  | 0,155 | 0.363 | 1,200       |
| 5+150   | 11    | 0.274   | 0,02 | 0,024 | 0,42                | 1.75  | 0,183 | 0.429 | 1,200       |
| 5+550   | 11    | 0.215   | 0,02 | 0,024 | 0,35                | 2.48  | 0,168 | 0.391 | 1,200       |

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.7 Comprobación hidráulica

La ficha técnica de la tubería que se usará en el proyecto (Rib-Loc), indica que la velocidad máxima permisible es 10 m/s, por lo que, se realiza la comprobación hidráulica de la velocidad y con los siguientes cálculos:

**Tabla 48 Comprobación hidráulica**

| A bscisa | Q total | D comercial | S %   | n     | V (m /s) | V p= 10 m /s |
|----------|---------|-------------|-------|-------|----------|--------------|
| 4+140    | 0.172   | 1,2         | 0,020 | 0,009 | 7,080    | A cceptable  |
| 4+480    | 0.134   | 1,2         | 0,020 | 0,009 | 7,080    | A cceptable  |
| 4+800    | 0.176   | 1,2         | 0,020 | 0,009 | 7,080    | A cceptable  |
| 5+150    | 0.274   | 1,2         | 0,020 | 0,009 | 7,080    | A cceptable  |
| 5+550    | 0.215   | 1,2         | 0,020 | 0,009 | 7,080    | A cceptable  |

Fuente: Elaboración propia.

### 5.5 Cunetas

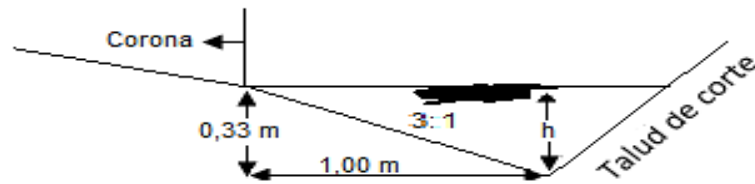
Las cunetas tienen como función la recolección del agua pluvial, producida de manera temporal, y que incide directamente sobre la superficie de rodadura y los taludes adyacentes a la carretera. Este flujo superficial, debe ser conducido a las estructuras de drenaje transversal proyectado, a los cursos de drenaje natural y, en ciertos casos, a descarga directa sobre el terreno. (M T O P).

Las cunetas que se utilizarán son de sección triangular, debido a que esta forma geométrica facilita la limpieza de las mismas y, a la vez, genera confiabilidad al conductor, diseñadas con un talud hacia la vía como mínimo de 3:1 y del lado del corte seguirá ligeramente la inclinación 1:3 del bordillo, y su profundidad no será menor a 33 cm; las cunetas serán revestidas de hormigón para evitar el peligro que genera el agua en la estabilidad de la carretera al socavar la pared del talud.

Se utilizarán las dimensiones típicas de cunetas triangulares del *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras* (M O P). Los datos de la cuneta son los siguientes:

- ✓ Área = 0.22 m<sup>2</sup>
- ✓ Perímetro = 1.52 m
- ✓ Radio Hidráulico = 0.1447 m
- ✓ n = 0.015





**Fig. 31. Dimensiones típicas de cunetas triangulares.**

Fuente: (M O P).

### 5.5.1 Diseño hidráulico

En referencia al caudal máximo de diseño, a la sección transversal, longitud, pendiente y velocidad, se realiza el cálculo del área hidráulica de una cuneta. El caudal máximo del escurrimiento de la corona de la vía y del talud del corte, por ancho unitario, se determinará para un período de retorno de 100 años y considerando una lluvia de 20 a 30 minutos de duración.

Las ecuaciones para diseño hidráulico de cunetas son:

$$V_o = \frac{I}{3.6 * 10^6} \quad (29)$$

$$a = \frac{S^{1/2}}{n} \quad (30)$$

$$t_e = \left( \frac{L}{a * V_o^{2/3}} \right)^{3/5} \quad (31)$$

$$q = a * (V_o * t)^{\frac{5}{3}} \text{ para } 0 < t < t_e \quad (32)$$

$$q = a * (V_o * t_e)^{\frac{5}{3}} \text{ para } t_e < t < d \quad (33)$$

En donde:

- ✓  $d$  = duración de la lluvia, en s.
- ✓  $i$  = intensidad de la precipitación en exceso, en mm/h.
- ✓  $n$  = coeficiente de rugosidad (fórmula de Manning).
- ✓  $q$  = caudal unitario en el tiempo "t", en m<sup>3</sup>/s/m.
- ✓  $L$  = longitud desde parte aguas hasta la cuneta de intersección (m).
- ✓  $Q_{\text{máx.}}$  = caudal unitario máximo durante el intervalo (d-te), en m<sup>3</sup>/s/m.
- ✓  $S_0$  = pendiente media de la superficie.
- ✓  $t$  = tiempo, en s.
- ✓  $t_e$  = tiempo de equilibrio para que se presente el  $q_{\text{máx.}}$ , en s.

A partir del trazado vertical, se puede obtener el valor de longitud de la cuneta que aporta a cada una de las alcantarillas, este se debe adicionar al obtenido por los diferentes métodos para el diseño de las estructuras hidráulicas.

**Tabla 49 Caudal que escurre por la calzada**

| Abscisa | L. Tramo | V <sub>o</sub> | a      | T <sub>e</sub> | Drenaje(m <sup>3</sup> /s) |
|---------|----------|----------------|--------|----------------|----------------------------|
| 4+140   | 140      | 1.3016-09      | 13,333 | 556.19         | 0.01                       |
| 4+480   | 340      | 1.3016-09      | 13,333 | 947.19         | 0.01                       |
| 4+800   | 320      | 1.3016-09      | 13,333 | 913.36         | 0.01                       |
| 5+150   | 350      | 1.3016-09      | 13,333 | 963.81         | 0.01                       |
| 5+550   | 400      | 1.3016-09      | 13,333 | 1,044.21       | 0.01                       |

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular el caudal que soporta la cuneta, se aplica la ecuación de Manning. Del trazado vertical, se obtiene la menor pendiente de cada tramo.

**Tabla 50 Caudal que soporta la cuneta**

| A bscisa | n     | A    | P    | R     | S ( % ) | Q ( m <sup>3</sup> /s) | V ( m /s) |
|----------|-------|------|------|-------|---------|------------------------|-----------|
| 4+140    | 0,024 | 0,22 | 1,52 | 0,014 | 0,257   | 0,276                  | 1,254     |
| 4+480    | 0,024 | 0,22 | 1,52 | 0,014 | 0,257   | 0,276                  | 1,254     |
| 4+800    | 0,024 | 0,22 | 1,52 | 0,014 | 0,252   | 0,273                  | 1,242     |
| 5+150    | 0,024 | 0,22 | 1,52 | 0,014 | 0,252   | 0,273                  | 1,242     |
| 5+550    | 0,024 | 0,22 | 1,52 | 0,014 | 0,071   | 0,145                  | 0,659     |

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO VI

## 6 PRESUPUESTO.

Tabla 51 Presupuesto

| CONSTRUCCION DE LA VIA PARCUSPAMBA - CAUQUIL                   |                                              |                    |          |                 |          |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|----------|-----------------|----------|
| TRAMO 2                                                        |                                              |                    |          |                 |          |
| NOMBRE DEL OFERENTE: JUAN FERNANDO TORRES                      |                                              |                    |          |                 |          |
| TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS |                                              |                    |          |                 |          |
| Ítem                                                           | Descripción                                  | Unidad             | Cantidad | Precio unitario | Costo    |
| 1                                                              | 1.- MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DRENAJE          |                    |          |                 |          |
| 1.001                                                          | Excavación a máquina en Suelo sin clasificar | m <sup>3</sup>     | 10753.75 | 3.37            | 36237.45 |
| 1,002                                                          | Limpieza de derrumbes                        | m <sup>3</sup>     | 720      | 3.57            | 2567.25  |
| 1,003                                                          | Desalojo de material                         | m <sup>3</sup> /km | 12904.5  | 1.07            | 13867.18 |
| 1,004                                                          | Excavación para cunetas y encauzamientos     | m <sup>3</sup>     | 4191.55  | 7.12            | 29825.5  |
| 1,005                                                          | Acabado de Obra Básica                       | m <sup>2</sup>     | 34900.56 | 0.93            | 32387.72 |
|                                                                | SUBTOTAL                                     |                    |          |                 | 114885.1 |
|                                                                | 2.- INSTALACION DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO  |                    |          |                 |          |
| 2.001                                                          | Hormigón Ciclópeo                            | m <sup>3</sup>     | 35       | 114.87          | 4020.48  |
| 2.002                                                          | Limpieza de alcantarillas                    | m <sup>3</sup>     | 30       | 18.18           | 545.25   |
| 2.003                                                          | Geotextil para sub-drenes                    | m <sup>2</sup>     | 1400     | 2.39            | 3348.8   |

|                             |                                                                                                |        |           |        |           |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|--------|-----------|
| 2.004                       | M a t e r i a l f i l t r a n t e (1 "< D < 3 ")                                               | m 3    | 180       | 21.14  | 3806.03   |
| 2.005                       | Tubería de Ho.So. D=0.40 m . p/pasos de<br>a g u a                                             | M      | 20        | 40.99  | 819.87    |
| 2.006                       | Tubería de Ho.So. D=0.60 m . p/pasos de<br>a g u a                                             | M      | 20        | 67.04  | 1340.77   |
| 2.007                       | Tubería corrugada, D=1.20 m . esp. 2.50<br>m m .                                               | M      | 12        | 205.98 | 2471.76   |
| 2.008                       | Tubería corrugada, D=1.828 m . esp. 2.50<br>m m .                                              | M      | 25        | 375.97 | 9399.19   |
|                             | S U B T O T A L                                                                                |        |           |        | 25752.15  |
| 3.- ESTRUCTURA DE PAVIMENTO |                                                                                                |        |           |        |           |
| 3.001                       | M e j o r a m i e n t o d e l a s u b r a s a n t e c o n s u e l o<br>s e l e c c i o n a d o | m 3    | 12564.2   | 10.55  | 132536.6  |
| 3.002                       | T r a n s p o r t e d e m a t e r . d e m e j o r a m i e n t o                                | m 3/km | 16333.46  | 0.24   | 3947.08   |
| 3.003                       | B a s e c l a s e 1 . T i p o " B " . D < 1 1/2 "                                              | m 3    | 8376.13   | 29.01  | 242985.25 |
| 3.004                       | T r a n s p o r t e d e B a s e G r a n u l a r y m a t e r i a l<br>f i l t r a n t e         | m 3/km | 10888.969 | 0.24   | 2631.39   |
| 3.005                       | A s f a l t o R C -250 p a r a i m p r i m a c i ó n                                           | L t    | 12215.2   | 1.82   | 22213.34  |
| 3.006                       | T r a t a m . S u p e r f . B i t u m i n o s o . T i p o " T S B -<br>2 B "                   | m 2    | 34900.56  | 4.33   | 151006    |
| 3.007                       |                                                                                                |        |           |        |           |
|                             | S U B T O T A L                                                                                |        |           |        | 555319.66 |
| S U B T O T A L             |                                                                                                |        |           |        | 695956.91 |
| I V A                       |                                                                                                |        |           |        |           |

|                                                                                                    |  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------|
| TOTAL                                                                                              |  | 695956.91 |
| ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA                                                                   |  |           |
| SON: SEISCIENTOS NOVENTA Y CINCO MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y SEIS<br>CON 91/100 DOLARES AMERICANOS |  |           |
| Cuenca, 6 de marzo de 2018                                                                         |  |           |

## CONCLUSIONES

Las autoridades pertinentes deberán en un futuro cercano realizar la construcción de esta obra con mucho beneficio para la población y muy bajo costo.

Con el diseño geométrico propuesto, se lograrán niveles de seguridad, comodidad y estética, necesarios para que la vía Paracuspamba – Cauquil tenga los niveles de serviciabilidad adecuados para los volúmenes de tránsito actuales y futuros.

Con la finalización del presente proyecto, se puede manifestar que, se han recopilado y analizado los datos suficientes para la construcción de la vía Paracuspamba – Cauquil, partiendo de que en el sector de influencia del proyecto, se beneficiarán 12.653 habitantes.

A través de este estudio, se definió que la vía es de tipo C3, por soportar un tráfico en un rango de entre 0 y 500 vehículos diarios. Partiendo del orden de la vía, se determinó que la velocidad de diseño recomendada es 38 km/h y la absoluta de 40 km/h.

Asimismo, se obtuvo que la mínima distancia de visibilidad es de 35 m, la distancia de rebasamiento es de 220 m, el radio mínimo es 24.64 m y el ancho de calzada es de 6 m, como datos que predominaron para el diseño geométrico.

En relación a las obras complementarias, las alcantarillas, con un diámetro comercial de 1.2 m, se ubican en puntos donde la descarga no provoque socavación de la estructura de la carretera, soportando un caudal máximo de 0.882 m<sup>3</sup>/segundo. Las alcantarillas trabajarán en conjunto con las cunetas, como un drenaje adecuado de la vía.

El trazado vertical ha garantizado una pendiente máxima de 12 %.

Se determinó, además, que el tipo de estructura de pavimento que más se adapta a las condiciones de la vía, está compuesto por material de mejoramiento, capa de material de sub base y capa de rodadura de pavimento flexible.

Después de realizar los ensayos necesarios, se determinó que el suelo donde se asentará el proyecto es de tipo limo – arcilloso. Teniendo un CBR del 3.15 %, que refleja un suelo de poca calidad. A partir de estos datos, se obtuvo los espesores de la estructura de pavimentos para un período de diseño de 20 años, quedando de la siguiente manera: 4.54 cm de carpeta asfáltica, 20 cm de base granular y 30 cm de sub base granular.

El parámetro o rubro que predomina dentro del presupuesto, elaborado para la obra, es el correspondiente a “Material de Base (transporte, tendido y compactado)”, el que a su vez encarece la misma.

El presupuesto de los 2 km de la vía Paracuspamba – Cauquil, Tramo II, es de *Seiscientos noventa y cinco mil novecientos cincuenta y seis con 91/100 dólares americanos*.



## RECOMENDACIONES

Una vez terminado el diseño, se recomienda:

- ✓ Colocar una capa de material de mejoramiento, para garantizar la vida útil de la estructura de pavimento, debido al tipo de suelo de la vía (Limo-Arcilloso).
- ✓ Investigar sobre métodos que permitan la evaluación de riesgos en la vía, ya que en este sector las evaluaciones se dan por los dirigentes que carecen de capacitación en el tema.
- ✓ Tomar en cuenta a las comunidades beneficiadas, para que se involucren en planificación, mejoras y mantenimiento vial.
- ✓ Seguir y cumplir con las proyecciones de diseño, especialmente en la estructura de pavimento flexible, para garantizar que el proyecto cumpla su vida útil.
- ✓ Respetar la ubicación y dimensionamiento de las obras complementarias (drenaje), puesto que estas son el resultado de un estudio hidrológico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cárdenas, J.G. *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: ECOE Ediciones, 2004.
- Cordero, Cristian. *Diseño Horizontal y Vertical de la Vía Trigopamba-Pichanillas desde la abscisa 3+350 hasta 7+095.32*. Cuenca, 2013.
- GAD de Cuenca. *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca*. 2017.
- GAD de Girón. «Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Girón.» 2014.
- IMCYC. *Método AASHTO*. 2017.  
 <<http://imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Pavimentos%20Rigidos/4%20El%20metodo%20AASHTO%20para%20pavimentos%20rigidos.pdf>>.
- INAMHI. «Mapas y Estaciones Meteorológicas e Hidrológicas de Ecuador.» 2018.  
 <<http://www.inamhi.gob.ec/mapas/12%20mapa%20ecuadorEstaciones%20meteorologicas%20hidrologicasA0.pdf>>.
- INEC. «Censo Nacional Agropecuario.» 2010.
- . «Ecuador poblacional en cifras por provincias.» 2010. *Población y Demografía*.  
 <<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>>.
- «Método AASHTO.» *Diseño Estructural de Caminos Método AASHTO*. 1993.
- Montejo, Alfonso. «Ingeniería de Pavimentos para Carreteras.» 1997.
- MOP. *Manual de Diseño de Carreteras*. 2003.
- . «Manual de Diseño de Vías.» 2013.
- . *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. 1973.
- MTOP. «Manual NEVI-12-MTOP: Norma para estudios y diseños viales.» Públicas, Ministerio de Transporte y Obras. *Norma para estudios viales*. Vol. 2A. Quito, 2013.
- . *Ministerio de Transporte y Obras Públicas*. Quito, 2013.

— . *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. 2013.

— . *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. 2003.

Navarro, Sergio. *Normas de diseño geometrico de carreteras*. Quito, 2003.

PDOT de Girón. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Girón*.  
Girón, 2014-2019.

SENPLADES. «Secretaria Nacional de Planificacion y Desarrollo.» s.f.

Wright, Paul. «Ingeniería de Carreteras.» 1993.

AASHTO, G. (1993). 'Guide for Design of Pavement Structures. *American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC*.

**A N E X O S****A n e x o 1. Puntos topográficos**

(Número de punto, norte, este, elevación, descripción del punto)

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 1,9649321,703700,2169,1STA             | 39,9649391.525,703800.57,2170.9818,V   |
| 2,9649330.315,703700,2169.2532,2N      | 40,9649394.22,703784.8998,2172.0473,V  |
| 3,9649321,703700,2169,1STA             | 41,9649396.246,703773.7368,2173.1546,V |
| 4,9649042.626,704156.4386,2138.7156,V  | 42,9649398.38,703757.7736,2175.464,V   |
| 5,9649087.721,704147.7255,2144.5005,V  | 43,9649400.54,703746.2428,2177.211,V   |
| 6,9649094.404,704145.3025,2145.2082,V  | 44,9649400.94,703737.9236,2178.1458,V  |
| 7,9649105.263,704140.4828,2146.272,V   | 45,9649399.846,703727.5359,2179.0106,V |
| 8,9649115.842,704136.5537,2147.0718,V  | 46,9649399.444,703717.7604,2179.6559,V |
| 9,9649124.418,704133.594,2147.5278,V   | 47,9649399.927,703710.6897,2179.9738,V |
| 10,9649135.696,704130.7536,2147.8146,V | 48,9649401.612,703700.8862,2180.3217,V |
| 11,9649144.83,704128.7646,2147.9442,V  | 49,9649404.498,703688.7974,2180.8838,V |
| 12,9649155.999,704126.0172,2147.8347,V | 50,9649407.163,703676.3128,2181.7776,V |
| 13,9649162.82,704124.174,2147.678,V    | 51,9649408.65,703666.671,2182.6928,V   |
| 14,9649172.965,704121.1481,2147.3103,V | 52,9649410.255,703657.3747,2183.4688,V |
| 15,9649197.301,704113.5364,2147.4174,V | 53,9649414.969,703633.0429,2185.5407,V |
| 16,9649214.019,704110.0453,2148.2201,V | 54,9649417.673,703618.8219,2187.4736,V |
| 17,9649229.624,704107.3919,2148.7563,V | 55,9649419.654,703601.7297,2190.1052,V |
| 18,9649238.386,704105.9069,2148.9961,V | 56,9649422.656,703588.0162,2192.5548,V |
| 19,9649246.431,704104.7503,2149.2552,V | 57,9649428.343,703573.3377,2195.663,V  |
| 20,9649267.618,704104.0641,2148.731,V  | 58,9649433.271,703561.7904,2197.9423,V |
| 21,9649276.318,704103.8604,2148.0319,V | 59,9649434.336,703547.1433,2198.8218,V |

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 22,9649284.626,704103.6756,2147.6581,V | 60,9649428.124,703547.2544,2198.3873,  |
| 23,9649290.633,704103.5511,2147.7104,V | 61,9649421.519,703546.2443,2194.8805,  |
| 24,9649294.485,704103.5565,2147.7439,V | 62,9649416.022,703545.0619,2193.174,   |
| 25,9649294.188,704103.558,2147.7123,V  | 63,9649406.707,703562.7438,2189.3004,  |
| 26,9649319.754,704095.1715,2149.4996,V | 64,9649423.298,703565.2827,2194.1078,  |
| 27,9649322.863,704083.5487,2151.5013,V | 65,9649428.875,703564.5963,2197.1239,  |
| 28,9649325.153,704074.6427,2152.2009,V | 66,9649419.098,703589.3616,2191.8821,  |
| 29,9649327.823,704065.1099,2152.8801,V | 67,9649412.645,703591.6715,2187.0995,  |
| 30,9649330.822,704054.0695,2153.493,V  | 68,9649401.892,703586.6288,2184.5796,  |
| 31,9649335.022,704041.3505,2154.0202,V | 69,9649380.413,703629.705,2179.1193,   |
| 32,9649341.224,704027.2307,2154.833,V  | 70,9649404.884,703637.5044,2182.1561,  |
| 33,9649347.192,704012.0345,2155.0596,V | 71,9649410.823,703637.2211,2184.772,   |
| 34,9649377.736,703873.5004,2163.5007,V | 72,9649407.793,703653.5826,2183.471,   |
| 35,9649380.984,703861.2656,2164.4091,V | 73,9649403.301,703653.4715,2181.6407,  |
| 36,9649383.558,703849.4974,2165.4142,V | 74,9649386.578,703655.1283,2178.7142,  |
| 37,9649386.488,703833.9711,2167.4102,V | 75,9649388.194,703678.4679,2176.9171,  |
| 38,9649388.577,703818.7902,2169.2976,V | 76,9649393.246,703681.9019,2178.5469,  |
|                                        |                                        |
| 77,9649391.793,703682.1981,2177.4636,  | 116,9649313.327,704041.8324,2150.4612, |
| 78,9649400.77,703683.2394,2179.5559,   | 117,9649315.536,704061.0461,2151.1105, |
| 79,9649402.79,703684.3469,2180.8211,   | 118,9649312.803,704078.1881,2150.2801, |
| 80,9649398.276,703700.2567,2180.1399,  | 119,9649319.192,704083.3088,2151.1042, |
| 81,9649392.882,703700.5366,2178.6481,  | 120,9649319.33,704084.9008,2150.8467,  |
| 82,9649390.282,703700.1401,2177.4413,  | 121,9649297.5,704084.6017,2147.971,    |
| 83,9649382.164,703699.2784,2176.4564,  | 122,9649294.996,704101.8629,2147.7607, |

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 84,9649372.732,703700.0146,2173.9129,  | 123,9649272.978,704087.8859,2147.4961, |
| 85,9649369.926,703719.1362,2172.3791,  | 124,9649249.087,704088.6011,2148.6224, |
| 86,9649385.081,703718.4952,2176.5691,  | 125,9649241.784,704090.2848,2148.9194, |
| 87,9649390.857,703718.9968,2177.4624,  | 126,9649205.335,704096.4885,2141.8403, |
| 88,9649395.611,703718.3593,2179.421,   | 127,9649203.824,704089.8086,2140.1706, |
| 89,9649399.312,703736.1284,2178.2098,  | 128,9649191.302,704089.2581,2139.7795, |
| 90,9649389.042,703734.1649,2176.4237,  | 129,9649180.784,704093.9277,2141.9954, |
| 91,9649371.399,703733.7879,2171.4982,  | 130,9649180.362,704109.6291,2145.6885, |
| 92,9649363.153,703750.6262,2168.0152,  | 131,9649176.671,704116.3185,2146.9358, |
| 93,9649383.849,703751.6868,2172.5459,  | 132,9649194.093,704111.061,2147.1362,  |
| 94,9649397.071,703756.0874,2175.6381,  | 133,9649222.166,704106.4258,2148.5017, |
| 95,9649393.286,703776.0769,2172.5649,  | 134,9649170.888,704118.783,2147.1613,  |
| 96,9649389.651,703774.1656,2171.0762,  | 135,9649164.67,704110.1015,2145.7464,  |
| 97,9649376.939,703773.8862,2168.4525,  | 136,9649159.03,704098.9343,2142.3255,  |
| 98,9649369.621,703774.5595,2166.3898,  | 137,9649145.64,704096.8667,2142.2902,  |
| 99,9649365.85,703793.526,2163.6232,    | 138,9649144.883,704109.9016,2143.4104, |
| 100,9649382.473,703794.9349,2167.4602, | 139,9649144.887,704117.7521,2145.5544, |
| 101,9649389.866,703796.9505,2171.1172, | 140,9649147.31,704123.621,2147.4782,   |
| 102,9649386.429,703815.5059,2169.4564, | 141,9649131.191,704128.315,2147.6922,  |
| 103,9649381.874,703816.0416,2166.9316, | 142,9649111.707,704134.871,2146.818,   |
| 104,9649372.785,703813.2637,2163.5332, | 143,9649110.352,704130.7251,2146.1761, |
| 105,9649369.685,703826.7383,2163.0358, | 144,9649123.245,704125.8264,2147.3596, |
| 106,9649381.011,703827.9417,2165.6686, | 145,9649126.813,704117.7359,2144.3927, |
| 107,9649385.02,703831.6406,2167.6178,  | 146,9649137.182,704114.6044,2144.3841, |
| 108,9649382.12,703846.0642,2165.5908,  | 147,9649135.237,704106.3081,2142.9832, |

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 109,9649368.837,703849.6477,2163.1609, | 148,9649142.106,704100.5433,2142.4872, |
| 110,9649343.277,703846.0009,2158.7143, | 149,9649124.877,704101.8464,2140.8421, |
| 111,9649343.688,703859.3361,2160.1317, | 150,9649108.839,704108.962,2140.6988,  |
| 112,9649350.73,703859.5292,2160.9413,  | 151,9649112.018,704122.0935,2142.5683, |
| 113,9649376.559,703870.3131,2163.6509, | 152,9649125.251,704115.6507,2143.4245, |
| 114,9649330.388,704047.3889,2153.5756, | 153,9649128.925,704126.759,2147.6924,  |
| 115,9649319.605,704044.255,2151.7655,  | 154,9649107.156,704136.9511,2146.4409, |
|                                        |                                        |
| 155,9649106.496,704141.5497,2146.2776, | 194,9649389.481,703838.2682,2168.4474, |
| 156,9649108.191,704145.2355,2148.1856, | 195,9649401.189,703844.4816,2169.4537, |
| 157,9649110.244,704152.0687,2149.7048, | 196,9649391.804,703829.9245,2170.355,  |
| 158,9649129.143,704150.0709,2151.5293, | 197,9649402.61,703835.1999,2171.2498,  |
| 159,9649125.928,704137.8057,2149.4765, | 198,9649395.118,703810.6559,2173.0664, |
| 160,9649125.702,704136.7218,2147.3294, | 199,9649404.76,703815.768,2174.862,    |
| 161,9649138.405,704134.028,2149.8938,  | 200,9649408.465,703814.2256,2175.5074, |
| 162,9649138.042,704133.2395,2148.0128, | 201,9649395.096,703803.2822,2173.6675, |
| 163,9649141.486,704147.2209,2150.9106, | 202,9649396.552,703796.448,2174.0911,  |
| 164,9649143.42,704148.0159,2152.7085,  | 203,9649401.859,703798.7965,2175.0045, |
| 165,9649154.467,704137.9591,2151.7784, | 204,9649397.964,703785.2763,2174.8196, |
| 166,9649154.432,704137.9653,2152.6801, | 205,9649403.603,703788.0321,2177.7399, |
| 167,9649153.724,704131.4169,2150.88,   | 206,9649399.511,703775.8318,2174.5088, |
| 168,9649160.737,704129.3065,2149.7763, | 207,9649403.926,703778.1552,2178.0265, |
| 169,9649161.735,704132.2462,2150.9572, | 208,9649406.944,703779.0763,2178.2369, |
| 170,9649162.982,704135.5699,2152.5846, | 209,9649397.833,703772.44,2173.3366,   |
| 171,9649170.088,704133.2795,2151.6884, | 210,9649394.809,703789.0734,2171.8057, |

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 172,9649169.684,704129.209,2150.184,   | 211,9649392.662,703802.7894,2170.7804, |
| 173,9649170.198,704126.5098,2148.9387, | 212,9649389.691,703821.9064,2168.9133, |
| 174,9649176.18,704121.9298,2147.277,   | 213,9649387.934,703834.8601,2167.3438, |
| 175,9649166.592,704125.1159,2147.4797, | 214,9649406.593,703767.4165,2178.3486, |
| 176,9649154.528,704128.6608,2147.8019, | 215,9649398.769,703768.2648,2173.9663, |
| 177,9649143.722,704130.7571,2147.8905, | 216,9649401.616,703763.4079,2176.668,  |
| 178,9649196.529,704115.9266,2147.2299, | 217,9649410.399,703747.9955,2180.298,  |
| 179,9649219.918,704116.3917,2148.0746, | 218,9649411.067,703744.8841,2180.3588, |
| 180,9649229.28,704114.8622,2148.6539,  | 219,9649401.897,703736.8402,2178.2812, |
| 181,9649233.863,704114.2516,2148.7256, | 220,9649400.682,703722.6862,2179.3194, |
| 182,9649245.199,704109.834,2149.1816,  | 221,9649412.457,703726.9851,2182.5465, |
| 183,9649264.254,704107.167,2149.2012,  | 222,9649401.439,703712.032,2179.8776,  |
| 184,9649279.884,704106.2427,2147.8518, | 223,9649413.518,703714.0395,2184.4142, |
| 185,9649293.442,704105.957,2147.8606,  | 224,9649406.53,703709.9531,2182.607,   |
| 186,9649320.166,704100.384,2148.9436,  | 225,9649404.524,703721.2568,2181.2934, |
| 187,9649379.615,703878.1288,2163.8264, | 226,9649404.337,703732.9225,2180.0319, |
| 188,9649384.439,703873.0199,2164.3974, | 227,9649403.606,703699.7567,2180.3709, |
| 189,9649379.066,703877.5805,2162.9778, | 228,9649414.863,703698.7026,2184.3041, |
| 190,9649398.062,703884.8722,2164.3454, | 229,9649405.989,703690.106,2180.8143,  |
| 191,9649385.213,703858.7444,2165.5102, | 230,9649409.4,703677.477,2181.8131,    |
| 192,9649384.245,703857.744,2164.4641,  | 231,9649420.599,703678.5686,2185.1231, |
| 193,9649396.887,703864.0833,2166.0765, | 232,9649421.982,703666.0621,2186.5833, |
|                                        |                                        |
| 233,9649410.861,703667.1371,2182.7507, | 268,9649440.747,703548.5416,2201.715,  |
| 234,9649411.853,703676.2482,2183.5839, | 269,9649453.294,703528.9031,2204.5502, |



|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 235,9649409.695,703687.8699,2182.9435, | 270,9649474.364,703510.0757,2214.3053, |
| 236,9649406.67,703704.7923,2182.2418,  | 271,9649455.326,703509.3194,2206.9068, |
| 237,9649404.899,703714.5321,2181.723,  | 272,9649469.411,703485.1524,2219.1409, |
| 238,9649411.221,703664.374,2182.9493,  | 273,9649456.419,703497.8318,2210.2786, |
| 239,9649422.107,703660.2444,2186.5268, | 274,9649467.716,703483.9335,2219.6152, |
| 240,9649415.016,703663.4662,2185.1386, | 275,9649456.149,703492.4052,2210.4012, |
| 241,9649413.358,703651.2603,2183.9037, | 276,9649467.661,703471.9527,2221.807,  |
| 242,9649416.946,703650.59,2186.0488,   | 277,9649449.399,703490.038,2207.0271,  |
| 243,9649427.12,703645.0771,2189.1817,  | 278,9649444.735,703500.2362,2203.5973, |
| 244,9649415.755,703637.4559,2185.8652, | 279,9649439.653,703508.7378,2200.8234, |
| 245,9649419.632,703637.4833,2187.3977, | 280,9649435.58,703516.8625,2199.2554,  |
| 246,9649418.695,703625.6403,2186.5846, | 281,9649428.743,703527.4647,2197.1275, |
| 247,9649426.842,703630.101,2190.9338,  | 282,9649422.937,703521.6696,2196.975,  |
| 248,9649421.085,703623.5745,2190.4354, | 283,9649427.316,703514.8804,2198.8615, |
| 249,9649426.73,703613.475,2198.9472,   | 284,9649430.733,703508.0315,2202.1724, |
| 250,9649419.558,703613.6938,2188.3048, | 285,9649438.375,703502.0255,2203.2877, |
| 251,9649424.713,703607.6734,2198.0783, | 286,9649434.234,703497.3099,2206.7345, |
| 252,9649420.649,703603.1772,2189.9185, | 287,9649432.409,703464.2257,2229.9706, |
| 253,9649427.442,703603.2027,2200.6692, | 288,9649429.919,703493.6113,2209.3637, |
| 254,9649422.952,703593.8874,2191.5368, | 289,9649419.287,703465.3384,2234.5256, |
| 255,9649428.103,703596.8727,2200.2745, | 290,9649429.046,703487.1915,2211.9645, |
| 256,9649426.972,703581.7067,2193.9937, | 291,9649417.829,703492.5107,2211.9222, |
| 257,9649430.218,703587.9584,2198.124,  | 292,9649412.953,703501.3893,2210.5327, |
| 258,9649431.59,703572.2073,2196.1414,  | 293,9649408.695,703503.4138,2211.6424, |
| 259,9649435.469,703579.5637,2201.17,   | 294,9649391.856,703503.8202,2216.979,  |

|                                                |                                        |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 260,9649437.436,703554.4612,2198.8759,         | 295,9649406.702,703455.3095,2237.9833, |
| 261,9649443.907,703564.7934,2202.9335,         | 296,9649401.459,703491.7144,2222.8587, |
| 262,9649445.128,703554.949,2203.7961,          | 297,9649415.702,703451.1071,2242.6321, |
| 263,9649429.679,703783.3759,2186.9074,         | 298,9649416.171,703443.7823,2246.6805, |
| 264,9649429.671,703783.3715,2186.9004,14348A 1 | 299,9649403.827,703478.1325,2226.4817, |
| 265,9649433.083,703775.047,2189.5215,14349A 2  | 300,9649392.587,703464.5815,2227.501,  |
| 266,9649447.391,703540.4139,2203.374,          | 301,9649408.243,703430.0409,2249.279,  |
| 267,9649462.389,703539.8451,2208.3138,         | 302,9649382.224,703449.8196,2229.2125, |
|                                                |                                        |
| 303,9649403.602,703416.0766,2251.1391,         | 345,9649161.351,703364.5308,2241.548,  |
| 304,9649371.112,703434.6461,2231.1764,         | 346,9649190.174,703338.1921,2259.9692, |
| 305,9649396.327,703402.1381,2251.9371,         | 347,9649153.315,703363.8077,2244.5281, |
| 306,9649359.114,703421.7812,2232.7788,         | 348,9649143.431,703363.5652,2246.4143, |
| 307,9649386.52,703388.1214,2253.1392,          | 349,9649167.141,703347.8758,2255.9992, |
| 308,9649382.65,703371.3716,2253.5055,          | 350,9649139.417,703354.6511,2250.1807, |
| 309,9649347.956,703410.2806,2232.8374,         | 351,9649136.363,703349.0692,2250.3538, |
| 310,9649336.497,703398.968,2232.7315,          | 352,9649170.42,703327.9918,2260.9161,  |
| 311,9649374.302,703352.9518,2253.1739,         | 353,9649140.318,703342.0249,2250.7534, |
| 312,9649333.04,703396.5806,2231.6515,          | 354,9649148.885,703354.6255,2251.4081, |
| 313,9649344.293,703377.5346,2237.9469,         | 355,9649156.184,703349.5654,2254.6491, |
| 314,9649346.492,703327.677,2258.9628,          | 356,9649156.596,703346.3753,2255.1254, |
| 315,9649342.493,703377.1119,2237.8004,         | 357,9649165.56,703336.8665,2258.0051,  |
| 316,9649335.413,703372.8948,2238.8428,         | 358,9649166.526,703329.4381,2259.6609, |
| 317,9649322.918,703366.6456,2238.8349,         | 359,9649170.377,703283.3122,2275.6354, |
| 318,9649330.647,703329.5947,2259.4893,         | 360,9649167.911,703321.4526,2261.6792, |

|                                        |                                         |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 319,9649310.504,703363.6422,2238.597,  | 361,9649189.614,703306.3335,2272.8436,  |
| 320,9649311.457,703330.7597,2261.523,  | 362,9649171.249,703281.5769,2277.1844,  |
| 321,9649309.449,703368.5342,2236.4364, | 363,9649170.297,703310.7258,2265.4974,  |
| 322,9649320.52,703371.1122,2236.5167,  | 364,9649159.576,703273.8468,2277.857,   |
| 323,9649301.904,703364.8097,2238.3226, | 365,9649114.583,703264.1783,2274.9735,  |
| 324,9649297.829,703331.1997,2263.1461, | 366,9649118.839,703243.594,2288.4087,   |
| 325,9649301.894,703369.5352,2236.2833, | 367,9649104.537,703235.5389,2290.0899,  |
| 326,9649294.55,703366.571,2237.8783,   | 368,9649101.754,703250.8296,2279.1059,  |
| 327,9649255.717,703333.3442,2267.8607, | 369,9649088.818,703240.2951,2282.4917,  |
| 328,9649283.792,703373.3712,2235.8758, | 370,9649089.842,703225.1047,2292.5648,  |
| 329,9649272.37,703375.517,2236.2002,   | 371,9649082.617,703235.7048,2284.1289,  |
| 330,9649258.963,703376.9124,2236.1191, | 372,9649081.501,703220.0218,2294.6488,  |
| 331,9649249.281,703378.8469,2235.3248, | 373,9649082.991,703231.9594,2285.9279,  |
| 332,9649252.464,703334.1046,2266.4308, | 374,9649068.096,703228.5128,2287.3595,  |
| 333,9649249.407,703381.8731,2233.6596, | 375,9649064.575,703211.0435,2297.8213,  |
| 334,9649247.146,703371.032,2239.5772,  | 376,9649055.998,703225.891,2290.4629,   |
| 335,9649225.161,703329.9836,2268.644,  | 377,9649050.269,703205.3993,2301.5326,  |
| 336,9649225.156,703329.9899,2268.6638, | 378,9649032.333,703203.3421,2306.1285,  |
| 337,9649232.379,703376.7036,2234.1023, | 379,9649042.543,703221.4113,2293.3527,  |
| 338,9649213.231,703373.3967,2234.0542, | 380,9649027.806,703218.0529,2297.1376,  |
| 339,9649197.298,703317.0202,2272.2561, | 381,9649016.061,703202.6023,2308.884,   |
| 340,9649201.742,703373.8425,2233.4292, | 382,9649027.276,703219.6699,2297.0278,V |
| 341,9649201.22,703369.0375,2236.242,   | 383,9649027.879,703217.1581,2297.3483,V |
| 342,9649194.449,703373.1831,2232.2195, | 384,9649020.635,703215.7807,2301.0712,V |
| 343,9649182.875,703369.085,2235.5894,  | 385,9649019.589,703217.4478,2299.4018,V |

|                                                |                                            |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 344,9649172.467,703365.8352,2239.7565,         | 386,9649002.796,703200.1414,2311.404,      |
|                                                |                                            |
| 387,9649013.74,703215.5684,2301.1561,V         | 429,9649249.714,703439.1644,2199.3639,     |
| 388,9649014.579,703212.8407,2301.5471,V        | 430,9649239.389,703408.6437,2213.0156,     |
| 389,9649003.229,703198.7564,2312.4497,         | 431,9649262.022,703411.7105,2210.6817,     |
| 390,9649006.554,703213.1204,2303.773,V         | 432,9649257.982,703429.6026,2205.1485,     |
| 391,9649006.792,703210.1611,2304.2412,V        | 433,9649303.903,703447.369,2210.1993,      |
| 392,9648998.199,703211.8698,2305.8684,V        | 434,9649285.51,703459.1319,2199.6553,      |
| 393,9648999.099,703208.8438,2306.1758,V        | 435,9649303.434,703471.7659,2199.5486,     |
| 394,9648988.687,703201.4706,2309.6952,V        | 436,9649322.424,703460.3305,2208.6328,     |
| 395,9648991.195,703200.1893,2310.0226,V        | 437,9649332.393,703469.3224,2206.7525,     |
| 396,9648979.693,703200.9462,2308.7883,         | 438,9649338.375,703477.0644,2204.043,      |
| 397,9648970.902,703199.4298,2307.1838,         | 439,9649332.336,703487.5,2197.6811,        |
| 398,9649069.963,703160.3078,2333.3885,14482A 3 | 440,9649429.671,703783.3715,2186.9004,1A 1 |
| 399,9649078.616,703158.6217,2333.8284,14483A 4 | 441,9649409.293,703810.8401,2176.1961,     |
| 400,9648969.095,703212.8469,2299.3214,         | 442,9649393.981,703817.8816,2171.9308,     |
| 401,9648993.715,703229.8679,2291.0185,         | 443,9649390.051,703819.6514,2169.1727,     |
| 402,9649012.57,703235.3956,2285.4752,          | 444,9649403.208,703839.0031,2170.7091,     |
| 403,9649038.035,703250.6652,2274.6542,         | 445,9649390.967,703833.4433,2169.5259,     |
| 404,9649056.007,703258.7976,2269.3993,         | 446,9649388.342,703835.0737,2167.2098,     |
| 405,9649076.27,703268.9759,2264.6704,          | 447,9649395.787,703852.9907,2167.2092,     |
| 406,9649084.499,703272.7449,2264.905,          | 448,9649383.962,703856.0846,2164.8082,     |
| 407,9649114.172,703283.0446,2266.9713,         | 449,9649387.573,703850.5019,2166.4374,     |
| 408,9649101.215,703342.2801,2238.8397,         | 450,9649393.4,703863.1767,2165.7517,       |
| 409,9649086.688,703356.3876,2231.7532,         | 451,9649378.397,703876.8199,2163.283,      |

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 410,9649096.414,703373.2005,2225.6368, | 452,9649386.362,703860.8573,2165.4143, |
| 411,9649107.723,703348.6334,2236.5087, | 453,9649379.777,703877.8478,2163.818,  |
| 412,9649119.931,703366.9296,2231.2867, | 454,9649392.477,703882.677,2164.0703,  |
| 413,9649114.025,703390.9278,2221.6181, | 455,9649380.208,703878.4187,2163.8522, |
| 414,9649130.527,703377.773,2228.7729,  | 456,9649375.03,703890.5381,2162.1144,  |
| 415,9649125.662,703402.9105,2219.5851, | 457,9649376.82,703891.2039,2162.6039,  |
| 416,9649136.323,703384.8157,2227.7127, | 458,9649372.136,703904.7467,2160.5558, |
| 417,9649136.379,703409.2568,2213.665,  | 459,9649388.358,703895.4958,2162.6809, |
| 418,9649141.763,703396.2102,2218.379,  | 460,9649373.637,703903.6259,2161.4717, |
| 419,9649156.853,703416.3411,2210.1976, | 461,9649388.202,703908.3434,2161.4453, |
| 420,9649152.239,703392.7263,2217.8591, | 462,9649370.481,703915.2293,2159.0218, |
| 421,9649163.848,703392.0501,2215.8686, | 463,9649374.182,703904.6763,2161.4769, |
| 422,9649180.574,703425.3663,2207.3529, | 464,9649386.416,703925.671,2159.5466,  |
| 423,9649182.633,703397.5124,2215.9253, | 465,9649368.701,703927.2566,2157.1152, |
| 424,9649189.751,703427.462,2206.4264,  | 466,9649371.876,703920.6692,2158.9707, |
| 425,9649209.8,703434.0304,2204.6721,   | 467,9649364.927,703944.4391,2154.4637, |
| 426,9649200.281,703405.8116,2214.6931, | 468,9649383.476,703942.6637,2156.7638, |
| 427,9649219.24,703406.8012,2212.5927,  | 469,9649365.046,703955.1849,2152.7748, |
| 428,9649226.543,703436.8682,2202.4444, | 470,9649368.046,703940.054,2155.9624,  |
|                                        |                                        |
| 471,9649376.074,703959.2206,2153.6694, | 513,9649130.995,703278.4477,2270.4677, |
| 472,9649359.04,703968.9318,2152.009,   | 514,9649145.283,703259.0823,2285.5452, |
| 473,9649368.449,703960.5804,2152.2554, | 515,9649137.31,703282.6225,2268.5833,  |
| 474,9649357.258,703974.7331,2152.1002, | 516,9649151.026,703264.0924,2283.181,  |
| 475,9649373.552,703974.5217,2155.8941, | 517,9649142.318,703289.3057,2265.3612, |

|                                         |                                        |
|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| 476,9649364.407,703972.6236,2153.6811,  | 518,9649157.959,703269.3491,2280.672,  |
| 477,9649360.862,703983.9632,2153.532,   | 519,9649167.52,703283.8968,2274.1053,  |
| 478,9649354.474,703990.3767,2153.4672,  | 520,9649152.28,703299.1034,2260.9535,  |
| 479,9649347.488,704006.1555,2154.4159,  | 521,9649159.317,703291.338,2264.5542,  |
| 480,9649345.432,704011.8654,2154.684,   | 522,9649151.222,703282.8925,2267.8648, |
| 481,9649340.253,704032.0865,2154.4047,  | 523,9649171.047,703301.5851,2266.7529, |
| 482,9649335.86,704042.1262,2154.0378,   | 524,9649155.86,703305.222,2259.9306,   |
| 483,9649333.796,704044.7387,2153.8859,V | 525,9649154.78,703315.0053,2256.9071,  |
| 484,9649336.778,704037.0157,2154.174,V  | 526,9649172.455,703311.9028,2265.7636, |
| 485,9649342.228,704024.8257,2154.7947,V | 527,9649170.509,703330.2546,2260.1048, |
| 486,9649347.165,704012.0415,2154.6133,V | 528,9649148.974,703335.7586,2253.3086, |
| 487,9649352.128,703997.8105,2152.8482,V | 529,9649139.833,703350.1644,2250.7292, |
| 488,9649356.41,703984.0321,2152.5462,V  | 530,9649164.189,703343.1482,2257.4052, |
| 489,9649347.815,704001.9535,2153.8921,  | 531,9649135.715,703348.753,2250.2556,  |
| 490,9649349.963,703995.8784,2153.4308,  | 532,9649138.84,703342.6917,2250.6819,  |
| 491,9649357.365,703980.7597,2152.2553,V | 533,9649144.421,703332.8779,2251.933,  |
| 492,9649341.051,703972.6991,2147.2478,  | 534,9649131.513,703333.2555,2247.1555, |
| 493,9649363.184,703954.9148,2152.8991,V | 535,9649128.455,703322.5646,2247.6271, |
| 494,9649345.513,703952.7018,2151.6645,  | 536,9649135.464,703339.2383,2248.5729, |
| 495,9649364.515,703937.0828,2155.6795,V | 537,9649140.481,703332.6888,2249.2736, |
| 496,9649367.664,703920.8845,2158.1737,V | 538,9649123.717,703311.5049,2250.2869, |
| 497,9649356.419,703925.8392,2156.9081,  | 539,9649119.576,703336.4341,2243.5797, |
| 498,9649370.825,703902.9275,2160.7963,V | 540,9649131.185,703343.7925,2247.7958, |
| 499,9649369.634,703898.7903,2161.2426,  | 541,9649104.776,703294.9693,2255.8623, |
| 500,9649373.617,703889.0315,2162.3716,V | 542,9649151.923,703351.2738,2252.3294, |

|                                               |                                        |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------|
| 501,9649357.428,703885.5286,2161.3683,        | 543,9649099.666,703288.4856,2259.3954, |
| 502,9649376.67,703877.6125,2163.225,V         | 544,9649155.271,703343.9606,2254.1335, |
| 503,9649366.122,703866.0425,2162.8997,        | 545,9649160.275,703335.7197,2255.9787, |
| 504,9649377.921,703855.2692,2163.8342,        | 546,9649095.21,703279.0336,2264.4116,  |
| 505,9649389.904,703795.265,2171.2199,V        | 547,9649163.368,703333.2207,2258.0753, |
| 506,9649391.748,703795.497,2171.3653,V        | 548,9649173.045,703339.8231,2258.1092, |
| 507,9649393.636,703795.7465,2171.369,V        | 549,9649089.297,703266.721,2268.3987,  |
| 508,9649069.963,703160.3078,2333.3885,14482A3 | 550,9649182.963,703331.2087,2262.1441, |
| 509,9649114.057,703264.2805,2275.8789,        | 551,9649082.456,703257.6575,2271.8642, |
| 510,9649123.828,703247.9057,2286.751,         | 552,9649184.1,703317.8977,2267.7166,   |
| 511,9649122.282,703270.1748,2274.0561,        | 553,9649072.575,703250.6426,2274.8078, |
| 512,9649133.256,703254.9918,2285.0917,        | 554,9649180.771,703303.3174,2270.5321, |
|                                               |                                        |
| 555,9648996.585,703167.3897,2314.3273,        | 597,9649168.853,703119.8698,2342.7233, |
| 556,9648969.604,703144.3799,2311.1416,        | 598,9649172.961,703145.284,2346.5609,  |
| 557,9649007.069,703160.4869,2315.8955,        | 599,9649154.845,703154.3057,2341.3551, |
| 558,9648983.458,703136.2349,2313.1001,        | 600,9649142.584,703130.8491,2335.0995, |
| 559,9649020.484,703151.7101,2317.5582,        | 601,9649134.57,703126.3846,2332.7465,  |
| 560,9648999.597,703129.6349,2314.8644,        | 602,9649135.419,703156.6617,2336.2193, |
| 561,9649035.532,703146.1669,2318.5821,        | 603,9649129.185,703119.0839,2332.9836, |
| 562,9649018.728,703126.4244,2316.6435,        | 604,9649123.033,703124.9217,2332.822,  |
| 563,9649052.058,703141.0692,2319.9145,        | 605,9649122.333,703154.0606,2332.2141, |
| 564,9649043.63,703121.6268,2318.0469,         | 606,9649116.517,703131.4084,2331.7199, |
| 565,9649066.923,703137.2187,2320.8066,        | 607,9649113.995,703164.5922,2331.5074, |
| 566,9649062.766,703120.5842,2319.0605,        | 608,9649109.477,703140.176,2331.1048,  |

|                                        |                                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| 567,9649081.912,703132.0835,2321.661,  | 609,9649100.791,703168.4827,2330.4714,     |
| 568,9649084.577,703118.8014,2320.4174, | 610,9649100.205,703151.4338,2332.1517,     |
| 569,9649098.49,703121.7143,2322.3263,  | 611,9649089.955,703155.8006,2332.8365,     |
| 570,9649104.914,703106.1327,2321.8627, | 612,9649056.626,703165.0104,2331.1224,     |
| 571,9649110.553,703113.7891,2323.1432, | 613,9649047.674,703169.0954,2329.5707,     |
| 572,9649113.512,703094.56,2322.3959,   | 614,9649022.695,703178.9346,2325.9069,     |
| 573,9649125.138,703103.9441,2325.1622, | 615,9649244.194,703097.0232,2371.126,17A 5 |
| 574,9649124.536,703084.4996,2323.9763, | 616,9649372.896,702971.5562,2384.3261,     |
| 575,9649139.964,703098.9762,2329.8724, | 617,9649345.461,702951.6754,2379.4096,     |
| 576,9649143.842,703079.9531,2329.1218, | 618,9649362.912,702942.3511,2389.6013,     |
| 577,9649146.466,703101.8353,2332.5563, | 619,9649354.478,702945.5213,2383.8979,     |
| 578,9649155.906,703086.7901,2334.1276, | 620,9649364.659,702947.5816,2388.5589,     |
| 579,9649166.323,703072.2398,2337.922,  | 621,9649362.617,702950.9976,2385.6012,     |
| 580,9649161.07,703104.4471,2336.9189,  | 622,9649367.475,702955.7411,2386.6494,     |
| 581,9649175.961,703058.2218,2342.7163, | 623,9649359.044,702955.2684,2380.94,       |
| 582,9649186.441,703043.2862,2347.7495, | 624,9649369.223,702962.2315,2385.8005,     |
| 583,9649198.328,703059.2193,2352.5859, | 625,9649362.339,702963.2858,2380.2642,     |
| 584,9649182.533,703093.9528,2343.1912, | 626,9649372.64,702970.1337,2384.5771,      |
| 585,9649194.151,703090.7692,2347.0666, | 627,9649367.884,702970.013,2381.1633,      |
| 586,9649212.707,703070.4169,2357.051,  | 628,9649375.799,702967.8789,2385.2116,     |
| 587,9649201.477,703086.5581,2350.3475, | 629,9649384.782,702965.4202,2388.9861,     |
| 588,9649219.574,703077.8003,2360.0891, | 630,9649373.29,702959.8069,2386.2621,      |
| 589,9649198.107,703096.3625,2349.3279, | 631,9649381.946,702956.2356,2392.4112,     |
| 590,9649218.216,703094.0359,2363.2505, | 632,9649370.778,702950.6144,2388.1703,     |
| 591,9649191.122,703105.7893,2348.1961, | 633,9649378.94,702946.3652,2394.9545,      |



|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 592,9649207.443,703113.6015,2358.5095, | 634,9649368.719,702944.7816,2388.749,  |
| 593,9649199.605,703134.5349,2355.9887, | 635,9649376.902,702940.0868,2396.4263, |
| 594,9649183.383,703113.3168,2346.7782, | 636,9649368.742,702939.8795,2390.6962, |
| 595,9649176.625,703116.4476,2344.8625, | 637,9649375.327,702934.0448,2397.196,  |
| 596,9649189.386,703136.4033,2351.6676, | 638,9649369.697,702934.2752,2392.9775, |
|                                        |                                        |
| 639,9649375.935,702930.2599,2398.8956, | 681,9649420.451,702784.4568,2431.5647, |
| 640,9649365.924,702932.8113,2391.9245, | 682,9649387.564,702763.6938,2428.9584, |
| 641,9649377.013,702922.0944,2399.5228, | 683,9649416.148,702770.2417,2433.4454, |
| 642,9649363.862,702932.7127,2391.6948, | 684,9649413.176,702759.3546,2435.9883, |
| 643,9649374.975,702915.2652,2396.8045, | 685,9649379.304,702761.3264,2431.2492, |
| 644,9649363.532,702927.822,2392.3248,  | 686,9649409.105,702751.7524,2438.5536, |
| 645,9649368.893,702935.7393,2392.6234, | 687,9649391.905,702752.5886,2437.132,  |
| 646,9649350.676,702920.5447,2386.825,  | 688,9649410.141,702743.3352,2438.9304, |
| 647,9649346.689,702921.3833,2384.5555, | 689,9649400.296,702739.8831,2441.7326, |
| 648,9649347.99,702926.9703,2384.3251,  | 690,9649431.195,702737.9032,2445.1259, |
| 649,9649357.84,702947.2302,2384.2813,  | 691,9649442.552,702725.2686,2449.4931, |
| 650,9649344.59,702943.2754,2383.0326,  | 692,9649447.188,702710.6964,2453.4513, |
| 651,9649353.151,702952.2219,2380.4949, | 693,9649446.94,702696.0678,2458.7022,  |
| 652,9649344.71,702912.1947,2386.6808,  | 694,9649424.523,702685.1231,2440.4474, |
| 653,9649366.292,702919.1756,2394.0945, | 695,9649421.933,702675.8371,2442.2143, |
| 654,9649370.457,702906.26,2396.3193,   | 696,9649446.145,702678.3583,2462.5757, |
| 655,9649358.199,702896.6713,2390.1535, | 697,9649418.121,702668.8653,2443.4804, |
| 656,9649367.097,702884.1808,2393.1064, | 698,9649453.792,702668.0102,2464.8232, |
| 657,9649381.083,702898.3815,2400.0829, | 699,9649418.973,702662.8855,2444.7977, |

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 658,9649371.847,702872.8439,2395.7376, | 700,9649424.301,702649.6517,2447.9578, |
| 659,9649387.42,702887.4865,2403.0074,  | 701,9649466.855,702640.2997,2467.4399, |
| 660,9649390.554,702870.8438,2406.8407, | 702,9649470.368,702628.2241,2468.6216, |
| 661,9649373.658,702860.6477,2398.9028, | 703,9649439.671,702630.816,2453.8422,  |
| 662,9649376.275,702849.4097,2402.5975, | 704,9649447.062,702617.0515,2458.6251, |
| 663,9649391.73,702857.8592,2410.1516,  | 705,9649472.75,702623.1766,2469.9007,  |
| 664,9649394.36,702847.6306,2413.0179,  | 706,9649456.049,702602.7717,2463.8357, |
| 665,9649382.831,702839.385,2405.1073,  | 707,9649478.563,702610.803,2472.8953,  |
| 666,9649399.276,702840.2227,2414.8365, | 708,9649479.002,702599.146,2473.468,   |
| 667,9649389.728,702830.4816,2407.7309, | 709,9649460.317,702593.0147,2466.4966, |
| 668,9649397.498,702820.0128,2412.5487, | 710,9649463.227,702580.4058,2468.7619, |
| 669,9649406.428,702832.772,2417.4031,  | 711,9649478.852,702584.4495,2474.8177, |
| 670,9649402.437,702810.1777,2417.2429, | 712,9649462.25,702570.2619,2470.021,   |
| 671,9649411.397,702828.5499,2419.0183, | 713,9649477.742,702569.7405,2475.5043, |
| 672,9649416.372,702819.6943,2420.6857, | 714,9649471.467,702557.5708,2478.4721, |
| 673,9649406.889,702799.8275,2422.1774, | 715,9649455.667,702558.5598,2471.659,  |
| 674,9649405.651,702789.725,2423.7516,  | 716,9649458.011,702549.9204,2473.2481, |
| 675,9649418.615,702809.0263,2422.9153, | 717,9649472.073,702549.3784,2480.464,  |
| 676,9649418.879,702799.6005,2426.0738, | 718,9649477.432,702534.0399,2482.6082, |
| 677,9649402.032,702779.9001,2424.9214, | 719,9649459.17,702537.6099,2474.0246,  |
| 678,9649419.602,702791.1424,2429.078,  | 720,9649446.537,702527.3738,2467.215,  |
| 679,9649398.19,702768.6552,2427.9114,  | 721,9649439.478,702540.0781,2463.5011, |
| 680,9649395.661,702760.8721,2430.9599, | 722,9649436.037,702557.937,2461.1935,  |
|                                        |                                        |
| 723,9649435.311,702575.5733,2457.2312, | 765,9649386.531,702934.1271,2401.5168, |

|                                                |                                            |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 724,9649435.195,702591.3943,2454.9366,         | 766,9649389.283,702944.571,2397.7617,      |
| 725,9649421.446,702621.1636,2446.7353,         | 767,9649370.236,702934.8925,2393.0017,     |
| 726,9649410.489,702636.8142,2443.5196,         | 768,9649368.889,702946.3828,2388.2308,     |
| 727,9649405.037,702655.5641,2439.1425,         | 769,9649385.256,702953.9092,2393.8119,     |
| 728,9649402.704,702671.1619,2436.6361,         | 770,9649386.677,702962.5425,2390.3679,     |
| 729,9649403.685,702684.1023,2433.5431,         | 771,9649373.174,702959.0397,2386.3573,     |
| 730,9649405.111,702696.9986,2429.8797,         | 772,9649375.822,702968.2209,2385.1417,     |
| 731,9649392.663,702736.5669,2433.9084,         | 773,9649387.135,702969.1672,2387.2243,     |
| 732,9649522.105,702486.072,2513.5178,14814A 6  | 774,9649244.194,703097.0232,2371.126,17A 5 |
| 733,9649527.386,702488.4773,2512.7698,14815A 7 | 775,9649247.411,703080.6482,2363.9907,     |
| 734,9649392.524,702736.4786,2433.7799,         | 776,9649241.983,703066.8795,2356.9223,     |
| 735,9649387.062,702751.2889,2433.5543,         | 777,9649268.413,703077.76,2364.3246,       |
| 736,9649414.828,702754.4591,2437.2836,         | 778,9649259.089,703063.8834,2357.226,      |
| 737,9649420.562,702746.6691,2442.3258,         | 779,9649284.246,703072.4932,2365.6908,     |
| 738,9649418.197,702760.9388,2435.8213,         | 780,9649274.133,703061.4924,2359.0816,     |
| 739,9649435.238,702751.4661,2444.922,          | 781,9649300.042,703066.216,2367.7437,      |
| 740,9649423.698,702770.8461,2436.3076,         | 782,9649289.272,703056.814,2361.3779,      |
| 741,9649441.415,702766.7022,2443.1129,         | 783,9649315.986,703058.614,2369.7556,      |
| 742,9649445.482,702777.7017,2439.9388,         | 784,9649308.456,703047.6002,2364.1012,     |
| 743,9649422.733,702780.5538,2433.8081,         | 785,9649324.313,703039.8011,2366.6568,     |
| 744,9649425.906,702786.2326,2432.7422,         | 786,9649331.858,703050.2676,2370.8503,     |
| 745,9649448.679,702786.5385,2437.1824,         | 787,9649349.079,703038.8637,2373.9504,     |
| 746,9649434.51,702797.2464,2429.9861,          | 788,9649336.548,703027.3407,2368.6407,     |
| 747,9649450.47,702801.7091,2434.7619,          | 789,9649367.292,703028.2368,2377.5073,     |
| 748,9649449.47,702813.5785,2431.4832,          | 790,9649345.145,703016.0551,2371.1412,     |

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 749,9649430.621,702806.9423,2426.8462, | 791,9649376.051,703003.8226,2378.262,  |
| 750,9649444.837,702821.4571,2427.6549, | 792,9649346.833,702995.0362,2371.7941, |
| 751,9649422.917,702818.9811,2422.8397, | 793,9649352.051,702984.205,2372.6388,  |
| 752,9649415.643,702832.9767,2419.4594, | 794,9649375.737,702990.6862,2380.9098, |
| 753,9649437.614,702831.67,2421.4151,   | 795,9649353.69,702972.3543,2373.7739,  |
| 754,9649432.902,702841.361,2416.2171,  | 796,9649374.837,702971.3354,2384.2918, |
| 755,9649410.288,702846.6608,2415.1944, | 797,9649386.848,702967.9914,2387.6628, |
| 756,9649409.27,702856.3823,2412.0158,  | 798,9649384.74,702983.0753,2382.4361,  |
| 757,9649431.314,702846.4883,2413.3342, | 799,9649391.216,703013.8111,2379.462,  |
| 758,9649431.071,702851.341,2411.0387,  | 800,9649377.683,703026.9243,2380.7627, |
| 759,9649386.093,702896.9383,2401.2316, | 801,9649385.765,703025.7797,2383.0996, |
| 760,9649382.429,702905.1131,2399.8623, | 802,9649380.45,703031.8387,2383.3632,  |
| 761,9649389.975,702913.7946,2401.695,  | 803,9649354.199,703043.3088,2379.4556, |
| 762,9649377.707,702912.947,2398.2322,  | 804,9649353.961,703050.8251,2389.4863, |
| 763,9649383.617,702924.0893,2402.7273, | 805,9649342.656,703062.039,2391.8536,  |
| 764,9649371.195,702919.9397,2394.7742, | 806,9649328.068,703077.5494,2390.9913, |
|                                        |                                        |
| 807,9649320.142,703059.6796,2372.7355, | 849,9649556.725,702513.834,2497.0145,  |
| 808,9649311.119,703088.1973,2390.362,  | 850,9649565.1,702546.7593,2496.5939,   |
| 809,9649292.632,703095.0139,2387.5359, | 851,9649571.837,702534.1451,2493.6267, |
| 810,9649302.15,703076.5546,2372.7245,  | 852,9649561.156,702500.3012,2497.7495, |
| 811,9649278.768,703099.84,2377.9824,   | 853,9649564.837,702520.6598,2492.3346, |
| 812,9649283.746,703086.0498,2372.8619, | 854,9649561.255,702500.2605,2497.7598, |
| 813,9649257.808,703105.2201,2374.9986, | 855,9649577.521,702508.7218,2489.6758, |
| 814,9649262.132,703093.2504,2370.8795, | 856,9649555.625,702489.3373,2506.8479, |

|                                                |                                        |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 815,9649527.386,702488.4773,2512.7698,14815A 7 | 857,9649592.407,702504.8644,2487.389,  |
| 816,9649397.032,702726.4004,2427.6509,         | 858,9649595.066,702490.7916,2486.2643, |
| 817,9649406.707,702719.5963,2429.4167,         | 859,9649551.956,702480.8152,2508.772,  |
| 818,9649428.539,702676.9577,2444.2717,         | 860,9649549.755,702467.5587,2511.6671, |
| 819,9649435.276,702667.6161,2448.7693,         | 861,9649600.913,702474.3475,2486.2347, |
| 820,9649444.506,702662.1519,2453.1189,         | 862,9649603.715,702456.3919,2489.0442, |
| 821,9649455.675,702656.066,2458.733,           | 863,9649549.111,702450.6559,2514.6708, |
| 822,9649463.504,702646.2981,2463.6682,         | 864,9649548.869,702431.4156,2516.6977, |
| 823,9649465.393,702634.2655,2465.783,          | 865,9649603.803,702433.1952,2494.0457, |
| 824,9649468.904,702635.6436,2467.8221,         | 866,9649545.811,702412.461,2518.5736,  |
| 825,9649474.651,702622.1403,2470.094,          | 867,9649607.619,702425.7991,2495.0072, |
| 826,9649477.866,702625.2159,2472.3645,         | 868,9649546.694,702395.6389,2518.4145, |
| 827,9649480.121,702607.819,2473.7407,          | 869,9649614.282,702407.8196,2498.5562, |
| 828,9649489.206,702614.7594,2478.3085,         | 870,9649538.009,702370.9717,2522.0705, |
| 829,9649498.481,702608.8069,2483.2459,         | 871,9649611.531,702392.0147,2501.643,  |
| 830,9649508.87,702603.6384,2489.1811,          | 872,9649544.993,702357.3077,2523.6959, |
| 831,9649521.622,702592.0665,2493.4493,         | 873,9649554.141,702348.7018,2525.8795, |
| 832,9649529.389,702589.8852,2496.7632,         | 874,9649613.574,702379.996,2503.0684,  |
| 833,9649541.149,702583.6335,2500.5067,         | 875,9649566.244,702339.1067,2528.922,  |
| 834,9649556.768,702577.4455,2505.7099,         | 876,9649612.042,702375.2264,2504.1117, |
| 835,9649574.854,702568.6869,2508.5111,         | 877,9649574.563,702322.0552,2529.7898, |
| 836,9649591.193,702558.8397,2507.4162,         | 878,9649586.786,702307.352,2530.5837,  |
| 837,9649543.184,702480.3043,2512.0504,         | 879,9649623.348,702354.6354,2503.3213, |
| 838,9649548.691,702485.8371,2511.4913,         | 880,9649632.392,702343.9913,2503.7978, |
| 839,9649545.218,702492.2879,2511.7246,         | 881,9649592.181,702291.8923,2532.0729, |

|                                                |                                        |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 840,9649536.067,702501.3075,2509.5951,         | 882,9649598.359,702275.929,2533.3901,  |
| 841,9649531.438,702508.1071,2507.632,          | 883,9649603.179,702259.7555,2534.1268, |
| 842,9649527.359,702515.8863,2503.5924,         | 884,9649604.889,702250.2707,2533.5099, |
| 843,9649539.633,702472.1563,2515.3158,         | 885,9649642.527,702330.1303,2508.2158, |
| 844,9649878.228,702284.8277,2503.6639,14924A 8 | 886,9649647.138,702308.5306,2508.6915, |
| 845,9649878.228,702284.8277,2503.6639,14924A 8 | 887,9649610.462,702231.3369,2534.1488, |
| 846,9649544.29,702545.3642,2495.2763,          | 888,9649651.388,702289.0448,2509.5313, |
| 847,9649550.792,702531.3766,2496.3937,         | 889,9649619.814,702209.2568,2532.9989, |
| 848,9649554.279,702555.3559,2497.7619,         | 890,9649660.318,702274.51,2509.8534,   |
|                                                |                                        |
| 891,9649632.268,702188.798,2533.2379,          | 933,9649811.092,701910.65,2513.68,     |
| 892,9649661.674,702261.7308,2513.9232,         | 934,9649818.16,701908.4727,2512.1322,  |
| 893,9649668.701,702250.8722,2516.5402,         | 935,9649836.97,701915.6083,2514.6063,  |
| 894,9649643.951,702165.4564,2534.2389,         | 936,9649847.808,701913.2878,2516.1478, |
| 895,9649679.348,702236.9356,2518.2817,         | 937,9649862.646,701899.9153,2518.1518, |
| 896,9649652.898,702147.5855,2535.8139,         | 938,9649844.346,701883.8816,2529.6646, |
| 897,9649687.209,702220.5079,2517.7472,         | 939,9649828.177,701873.8173,2533.841,  |
| 898,9649697.85,702195.637,2518.6371,           | 940,9649818.955,701880.1797,2530.4017, |
| 899,9649653.529,702128.7064,2537.886,          | 941,9649839.514,701866.9498,2535.6389, |
| 900,9649705.504,702176.5133,2519.3804,         | 942,9649847.961,701855.8555,2537.0276, |
| 901,9649714.203,702156.9988,2515.4316,         | 943,9649849.242,701844.2056,2539.7703, |
| 902,9649659.695,702115.931,2537.7997,          | 944,9649858.984,701831.8887,2539.167,  |
| 903,9649717.596,702143.9582,2514.2847,         | 945,9649867.379,701818.4176,2540.4507, |
| 904,9649721.716,702126.331,2512.953,           | 946,9649872.693,701808.5569,2539.7652, |
| 905,9649673.103,702081.7917,2538.4513,         | 947,9649877.373,701793.7255,2540.2698, |

|                                        |                                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| 906,9649723.058,702118.5918,2513.6972, | 948,9649884.641,701786.7765,2542.809,      |
| 907,9649724.408,702105.0383,2515.4622, | 949,9649884.621,701786.7595,2542.7835,     |
| 908,9649688.491,702062.5255,2541.0333, | 950,9649896.437,701778.2059,2543.3411,     |
| 909,9649728.336,702095.924,2515.6105,  | 951,9649906.366,701772.0858,2545.0276,     |
| 910,9649691.919,702035.3366,2540.3773, | 952,9649917.192,701763.5843,2546.6744,     |
| 911,9649704.425,702014.816,2542.7132,  | 953,9649925.278,701756.6417,2548.438,      |
| 912,9649726.585,702089.7224,2517.0966, | 954,9649927.29,701740.3186,2551.0577,      |
| 913,9649729.681,702074.351,2519.5648,  | 955,9649934.378,701728.8844,2552.8977,     |
| 914,9649710.395,701990.5047,2543.3059, | 956,9649945.693,701716.1378,2553.1934,     |
| 915,9649729.207,702061.5621,2520.3209, | 957,9649953.149,701696.9398,2557.9378,     |
| 916,9649720.567,701965.4639,2542.692,  | 958,9649960.516,701687.7154,2558.9295,     |
| 917,9649731.924,702050.3331,2520.5754, | 959,9649964.196,701675.0061,2560.2231,     |
| 918,9649740.912,702038.1687,2520.5695, | 960,9649970.373,701662.6869,2560.5053,     |
| 919,9649727.25,701941.69,2545.4399,    | 961,9649979.28,701648.689,2560.7457,       |
| 920,9649748.372,702026.124,2519.8599,  | 962,9649983.995,701636.9371,2561.4998,     |
| 921,9649752.592,702017.2437,2520.4452, | 963,9649989.804,701623.4419,2561.6029,     |
| 922,9649751.918,702011.1895,2520.5667, | 964,9649849.518,701668.831,2578.8368,      |
| 923,9649735.259,701911.6469,2549.3562, | 965,9649875.365,701677.7244,2576.3292,1A 9 |
| 924,9649761.54,701999.0572,2515.767,   | 966,9649876.687,701672.5024,2576.2852,1510 |
| 925,9649773.216,701986.6232,2514.3482, | 967,9649834.54,701691.8599,2576.5661,      |
| 926,9649783.77,701976.5996,2516.1212,  | 968,9649830.148,701707.7661,2574.174,      |
| 927,9649765.125,701845.9908,2553.7401, | 969,9649822.143,701727.8966,2570.8936,     |
| 928,9649793.704,701960.5875,2517.2029, | 970,9649819.732,701741.2319,2568.4259,     |
| 929,9649794.853,701946.9158,2517.2467, | 971,9649808.727,701769.7006,2561.6269,     |
| 930,9649797.468,701933.5143,2516.3701, | 972,9649810.717,701795.0129,2554.5551,     |

|                                        |                                         |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 931,9649803.149,701918.871,2515.496,   | 973,9649811.021,701801.8833,2552.9295,  |
| 932,9649783.188,701802.4759,2554.458,  | 974,9649815.531,701809.0406,2550.8555,  |
|                                        |                                         |
| 975,9649816.739,701824.1716,2547.8901, | 1017,9649619.842,702281.918,2520.9353,  |
| 976,9649815.389,701831.2358,2545.8358, | 1018,9649609.635,702302.1604,2520.2868, |
| 977,9649821.267,701835.7128,2544.8269, | 1019,9649603.626,702302.5241,2522.1934, |
| 978,9649815.062,701846.3725,2542.365,  | 1020,9649598.123,702318.0318,2520.6688, |
| 979,9649808.102,701858.0521,2537.8824, | 1021,9649586.944,702329.579,2520.3383,  |
| 980,9649808.083,701858.0374,2537.9511, | 1022,9649587.696,702336.1991,2516.8024, |
| 981,9649802.098,701869.4622,2537.1758, | 1023,9649577.492,702344.9482,2519.5858, |
| 982,9649795.434,701878.9553,2534.8602, | 1024,9649581.528,702345.7981,2516.9892, |
| 983,9649788.319,701887.1929,2532.765,  | 1025,9649573.96,702358.0165,2514.7299,  |
| 984,9649781.63,701898.3798,2532.6026,  | 1026,9649566.368,702359.3546,2517.4164, |
| 985,9649776.934,701914.7114,2529.9736, | 1027,9649562.712,702365.6313,2516.9012, |
| 986,9649769.665,701930.1889,2529.2185, | 1028,9649565.814,702371.0986,2513.8089, |
| 987,9649764.311,701947.2376,2529.7189, | 1029,9649557.026,702377.8576,2516.8406, |
| 988,9649760.484,701959.434,2528.3168,  | 1030,9649558.758,702385.6728,2514.6547, |
| 989,9649750.308,701977.712,2526.4088,  | 1031,9649551.776,702392.378,2516.7967,  |
| 990,9649742.449,701995.7583,2525.7773, | 1032,9649556.135,702401.8603,2513.3595, |
| 991,9649740.519,702017.777,2528.0053,  | 1033,9649551.182,702404.3995,2516.1168, |
| 992,9649736.218,702028.7856,2528.0556, | 1034,9649556.776,702413.1405,2511.954,  |
| 993,9649727.75,702039.6272,2526.2657,  | 1035,9649550.599,702416.2488,2515.9139, |
| 994,9649717.231,702063.0606,2527.4208, | 1036,9649552.534,702431.6714,2514.4688, |
| 995,9649712.2,702076.113,2525.7608,    | 1037,9649559.594,702428.0265,2508.1878, |
| 996,9649702.227,702095.7279,2522.6967, | 1038,9649562.309,702440.9575,2505.2745, |



|                                         |                                            |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------|
| 997,9649699.219,702102.9931,2522.0208,  | 1039,9649552.512,702447.4197,2512.2846,    |
| 998,9649689.82,702115.4402,2522.1383,   | 1040,9649564.337,702455.2302,2503.2408,    |
| 999,9649691.773,702123.0028,2520.9608,  | 1041,9649556.802,702461.779,2507.5236,     |
| 1000,9649687.691,702123.0353,2521.6905, | 1042,9649557.271,702477.2138,2504.4306,    |
| 1001,9649686.326,702140.8651,2520.8189, | 1043,9649566.439,702470.8537,2499.7986,    |
| 1002,9649681.908,702139.6343,2522.2462, | 1044,9649566.557,702489.6133,2497.5671,    |
| 1003,9649678.36,702163.1986,2523.4595,  | 1045,9649558.929,702491.7399,2502.8126,    |
| 1004,9649665.897,702174.3448,2524.845,  | 1046,9649557.701,702508.3098,2497.6312,    |
| 1005,9649673.003,702175.2202,2523.859,  | 1047,9649555.378,702505.4646,2501.1639,    |
| 1006,9649656.666,702192.2711,2525.0411, | 1048,9649548.053,702524.3056,2499.3245,    |
| 1007,9649664.796,702195.5123,2523.536,  | 1049,9649554.007,702529.593,2491.7123,     |
| 1008,9649647.142,702211.3633,2525.5917, | 1050,9649875.365,701677.7244,2576.3292,1A9 |
| 1009,9649654.963,702216.3766,2523.6991, | 1051,9649826.322,701690.222,2587.3768,     |
| 1010,9649638.156,702233.2322,2526.9609, | 1052,9649821.646,701699.9558,2587.3814,    |
| 1011,9649643.683,702235.835,2524.9734,  | 1053,9649840.622,701734.0692,2565.4505,    |
| 1012,9649637.361,702249.9358,2523.9007, | 1054,9649851.692,701717.7009,2567.1269,    |
| 1013,9649630.101,702250.6867,2525.0519, | 1055,9649833.077,701668.3734,2588.273,     |
| 1014,9649629.542,702264.1103,2522.1495, | 1056,9649859.967,701705.6105,2570.1402,    |
| 1015,9649622.948,702262.3927,2524.1407, | 1057,9649839.505,701640.9668,2589.4771,    |
| 1016,9649612.364,702282.0077,2522.3904, | 1058,9649867.315,701694.1792,2573.3202,    |
|                                         |                                            |
| 1059,9649838.323,701611.7788,2595.5475, | 1101,9649874.244,701403.2202,2611.7224,    |
| 1060,9649880.132,701660.1236,2574.6567, | 1102,9649885.974,701382.2868,2609.9728,    |
| 1061,9649848.832,701577.2081,2598.6099, | 1103,9649873.654,701380.7287,2611.9632,    |
| 1062,9649888.405,701645.3075,2574.3224, | 1104,9649872.137,701365.1924,2611.7457,    |

|                                         |                                             |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1063,9649893.269,701628.3131,2576.4285, | 1105,9649887.201,701353.953,2610.8397,      |
| 1064,9649905.934,701609.8306,2578.5623, | 1106,9649907.602,701539.7082,2584.9864,     |
| 1065,9649848.745,701553.9375,2604.8267, | 1107,9649988.453,701584.906,2566.5865,      |
| 1066,9649910.978,701592.9603,2580.5333, | 1108,9649915.17,701522.9519,2586.4106,      |
| 1067,9649869.142,701519.4339,2595.0106, | 1109,9649999.035,701573.0854,2567.6,        |
| 1068,9649865.442,701538.627,2594.331,   | 1110,9649925.789,701500.0447,2589.6972,     |
| 1069,9649863.306,701565.1431,2590.1661, | 1111,9650006.338,701564.3925,2568.7429,     |
| 1070,9649912.618,701583.5761,2580.1139, | 1112,9650012.909,701552.9853,2569.1001,     |
| 1071,9649860.86,701578.2711,2587.195,   | 1113,9649931.3,701486.1861,2591.1647,       |
| 1072,9649854.478,701596.1639,2584.7915, | 1114,9649936.365,701475.4169,2592.485,      |
| 1073,9649851.541,701614.1772,2584.92,   | 1115,9650026.421,701528.8539,2568.6665,     |
| 1074,9649850.632,701629.3245,2585.3101, | 1116,9650031.846,701523.8895,2568.298,      |
| 1075,9649847.036,701655.1245,2582.6206, | 1117,9649911.172,701468.5311,2597.9127,     |
| 1076,9649846.418,701669.9528,2579.002,  | 1118,9649906.781,701465.8955,2599.5263,     |
| 1077,9649886.043,701688.5354,2573.1513, | 1119,9649882.866,701410.8899,2609.3746,1A12 |
| 1078,9649926.157,701694.9718,2560.164,  | 1120,9649882.866,701410.8899,2609.3746,1A12 |
| 1079,9649894.733,701694.1154,2569.4407, | 1121,9649865.286,701440.6125,2614.6034,     |
| 1080,9649905.411,701699.4531,2565.7463, | 1122,9649861.525,701416.3216,2619.3674,     |
| 1081,9649907.021,701696.3549,2565.0214, | 1123,9649873.93,701371.1721,2613.6939,      |
| 1082,9649927.567,701708.2345,2557.6493, | 1124,9649861.671,701398.8424,2618.2884,     |
| 1083,9649915.053,701683.782,2564.0643,  | 1125,9649861.364,701375.3999,2618.3272,     |
| 1084,9649940.896,701690.7963,2559.404,  | 1126,9649906.116,701371.1285,2607.4578,     |
| 1085,9649924.421,701667.8736,2566.1456, | 1127,9649898.026,701386.1661,2606.91,       |
| 1086,9649955,701671.0176,2562.2869,     | 1128,9649898.037,701405.5176,2605.6409,     |
| 1087,9649934.712,701650.029,2566.5898,  | 1129,9649898.12,701425.7304,2604.8046,      |

|                                                |                                         |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1088,9649963.128,701657.1521,2562.9052,        | 1130,9649914.802,701428.0324,2601.4036, |
| 1089,9649975.095,701633.7517,2563.3041,        | 1131,9649956.771,701428.9822,2593.4178, |
| 1090,9649944.703,701635.2284,2567.7803,        | 1132,9649966.534,701414.9264,2594.1335, |
| 1091,9649954.076,701617.7488,2569.5802,        | 1133,9649969.481,701409.028,2593.7697,  |
| 1092,9649983.668,701617.2193,2563.915,         | 1134,9649982.173,701424.0185,2589.5589, |
| 1093,9649960.36,701604.0086,2569.2519,         | 1135,9649977.437,701403.9832,2592.5285, |
| 1094,9649992.592,701596.6615,2564.29,          | 1136,9650053.948,701374.0347,2598.2328, |
| 1095,9649885.298,701449.3502,2606.044,15173A11 | 1137,9650070.759,701360.2518,2600.9689, |
| 1096,9649885.298,701449.3502,2606.044,15173A11 | 1138,9650017.644,701401.2156,2587.9971, |
| 1097,9649875.444,701440.9335,2608.6063,        | 1139,9650066.518,701342.7562,2606.2163, |
| 1098,9649887.94,701422.6269,2607.9175,         | 1140,9650032.266,701398.6874,2589.0834, |
| 1099,9649874.361,701422.6438,2610.6639,        | 1141,9650065.705,701328.8428,2609.7173, |
| 1100,9649886.172,701402.1047,2608.5811,        | 1142,9650061.935,701401.3363,2592.4488, |
|                                                |                                         |
| 1143,9650048.278,701386.3382,2594.1787,        | 1185,9650323.303,701512.6003,2581.8852, |
| 1144,9650048.251,701375.0877,2597.1832,        | 1186,9650374.639,701507.9812,2602.0543, |
| 1145,9650039.641,701372.9501,2596.5314,        | 1187,9650323.426,701511.9993,2581.8856, |
| 1146,9650024.754,701372.1259,2595.0086,        | 1188,9650387.542,701486.2228,2616.7001, |
| 1147,9650015.763,701372.5971,2594.5762,        | 1189,9650308.311,701493.8663,2584.6982, |
| 1148,9650009.284,701373.7449,2594.3591,        | 1190,9650375.546,701479.7304,2617.6885, |
| 1149,9650033.447,701280.6288,2621.8369,        | 1191,9650293.933,701477.7818,2586.9362, |
| 1150,9650034.389,701282.8588,2621.5521,        | 1192,9650361.786,701494.0197,2606.5511, |
| 1151,9650022.573,701349.5792,2602.0507,        | 1193,9650279.547,701459.7679,2588.498,  |
| 1152,9650028.59,701309.5776,2614.9299,         | 1194,9650347.678,701476.8045,2607.6093, |
| 1153,9650026.068,701324.0287,2609.9454,        | 1195,9650359.582,701469.1312,2615.809,  |

|                                         |                                         |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1154,9650008.628,701347.6945,2601.6566, | 1196,9650279.552,701459.5067,2588.5437, |
| 1155,9650006.909,701335.5592,2604.3499, | 1197,9650339.785,701448.3763,2618.9986, |
| 1156,9650007.371,701317.168,2608.1517,  | 1198,9650327.459,701451.7646,2612.0873, |
| 1157,9650016.732,701298.3349,2614.0283, | 1199,9650258.733,701433.397,2588.5747,  |
| 1158,9650022.815,701279.1722,2620.7382, | 1200,9650310.177,701430.0044,2613.9804, |
| 1159,9650451.581,701716.5188,2572.5866, | 1201,9650241.773,701410.9002,2587.3514, |
| 1160,9650495.69,701713.2405,2590.5263,  | 1202,9650326.574,701422.1517,2621.9773, |
| 1161,9650439.905,701703.3599,2572.7707, | 1203,9650226.763,701392.8607,2587.0421, |
| 1162,9650480.123,701684.8445,2591.9274, | 1204,9650303.904,701401.2421,2622.3623, |
| 1163,9650475.523,701706.0966,2584.9951, | 1205,9650215.594,701374.6219,2589.1502, |
| 1164,9650462.252,701685.2734,2586.3745, | 1206,9650284.745,701399.3174,2616.3301, |
| 1165,9650429.39,701691.885,2572.9698,   | 1207,9650215.624,701374.551,2589.1781,  |
| 1166,9650452.461,701663.3879,2587.7837, | 1208,9650270.964,701386.4465,2615.825,  |
| 1167,9650414.966,701674.1172,2573.8716, | 1209,9650208.554,701360.6057,2592.3626, |
| 1168,9650468.61,701660.5826,2594.1181,  | 1210,9650263.924,701372.802,2618.5911,  |
| 1169,9650470.378,701629.1229,2597.2896, | 1211,9650189.466,701343.2512,2596.2798, |
| 1170,9650446.503,701627.8289,2588.8217, | 1212,9650274.821,701366.036,2625.7785,  |
| 1171,9650422.113,701633.1257,2575.7784, | 1213,9650176.868,701329.2738,2600.0993, |
| 1172,9650440.042,701601.6815,2590.5905, | 1214,9650262.919,701353.76,2625.7625,   |
| 1173,9650413.281,701613.4931,2575.0495, | 1215,9650164.365,701315.7144,2601.982,  |
| 1174,9650436.722,701588.8982,2592.3598, | 1216,9650243.911,701338.8372,2624.5954, |
| 1175,9650402.372,701594.2258,2574.719,  | 1217,9650160.368,701302.0975,2607.107,  |
| 1176,9650454.299,701590.9607,2598.9619, | 1218,9650231.059,701321.6896,2624.7463, |
| 1177,9650390.613,701577.4159,2574.4429, | 1219,9650249.673,701325.2346,2632.0947, |
| 1178,9650447.391,701569.1311,2604.2767, | 1220,9650230.836,701303.1502,2633.3118, |

|                                          |                                              |
|------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1179,9650374.13,701560.4307,2574.2042,   | 1221,9650209.767,701302.9862,2627.4334,      |
| 1180,9650436.916,701548.7893,2607.2596,  | 1222,9650196.177,701290.4555,2627.4917,      |
| 1181,9650354.314,701544.242,2576.4462,   | 1223,9650209.449,701286.7866,2634.0433,      |
| 1182,9650408.723,701522.942,2608.2998,   | 1224,9650185.155,701298.9512,2616.7887,V     |
| 1183,9650338.103,701529.2766,2579.9635,  | 1225,9650181.114,701301.847,2616.6707,V      |
| 1184,9650397.875,701527.026,2600.638,    | 1226,9650207.053,701316.6471,2614.9889,V     |
|                                          |                                              |
| 1227,9650204.394,701320.3008,2614.9166,V | 1269,9650445.045,701659.0023,2584.4656,V     |
| 1228,9650219.549,701331.1723,2614.4516,V | 1270,9650446.38,701679.354,2582.7056,V       |
| 1229,9650224.403,701330.5326,2614.4794,V | 1271,9650452.383,701678.2376,2582.3284,V     |
| 1230,9650227.103,701338.6517,2614.1847,V | 1272,9650458.579,701700.6883,2580.4665,V     |
| 1231,9650231.627,701338.5747,2614.0852,V | 1273,9650463.059,701698.4881,2580.3222,V     |
| 1232,9650244.43,701364.5518,2613.3457,V  | 1274,9650450.913,701686.0147,2581.8692,1A 13 |
| 1233,9650249.658,701364.077,2613.0895,V  | 1275,9650456.061,701698.2967,2580.9384,1A 14 |
| 1234,9650259.662,701386.1022,2612.002,V  | 1276,9650034.133,701280.7136,2622.038,115    |
| 1235,9650266.363,701386.889,2611.8389,V  | 1277,9650043.549,701273.1201,2622.0801,1A 16 |
| 1236,9650277.308,701409.3935,2610.1975,V | 1278,9650043.549,701273.1201,2622.0801,1A 16 |
| 1237,9650282.789,701408.6485,2609.9523,V | 1279,9649872.929,701295.2655,2615.893,V      |
| 1238,9650292.46,701427.542,2608.5638,V   | 1280,9649875.993,701294.0775,2615.8919,V     |
| 1239,9650298.59,701428.1495,2608.2215,V  | 1281,9649875.736,701288.5634,2615.4097,V     |
| 1240,9650305.271,701443.8773,2606.8965,V | 1282,9649872.081,701288.6703,2615.3272,V     |
| 1241,9650311.785,701442.9735,2606.3772,V | 1283,9649875.3,701286.4489,2615.3583,V       |
| 1242,9650322.989,701462.8126,2604.5616,V | 1284,9649882.96,701285.7756,2615.5353,V      |
| 1243,9650330.15,701463.4698,2603.8612,V  | 1285,9649886.582,701288.7783,2615.7053,V     |
| 1244,9650343.131,701487.6129,2601.0964,V | 1286,9649898.524,701289.2819,2615.9946,V     |

|                                          |                                          |
|------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1245,9650349.393,701488.0329,2600.8482,V | 1287,9649890.211,701286.1107,2615.7957,V |
| 1246,9650353.04,701500.3918,2599.8661,V  | 1288,9649902.957,701285.4247,2616.3879,V |
| 1247,9650358.692,701499.8621,2599.5255,V | 1289,9649903.381,701288.8023,2616.3539,V |
| 1248,9650365.672,701505.7817,2598.5892,V | 1290,9649935.325,701282.5008,2616.9186,V |
| 1249,9650360.739,701508.1146,2598.742,V  | 1291,9649935.666,701285.8187,2616.899,V  |
| 1250,9650373.364,701518.2403,2596.9759,V | 1292,9649969.125,701278.6574,2616.8991,V |
| 1251,9650379.898,701518.2918,2596.5911,V | 1293,9649967.976,701281.5243,2616.9017,V |
| 1252,9650385.518,701529.8422,2595.2964,V | 1294,9649990.419,701276.6581,2617.7684,V |
| 1253,9650393.541,701531.8864,2594.5185,V | 1295,9649990.93,701280.0136,2617.7628,V  |
| 1254,9650396.318,701541.6773,2593.5809,V | 1296,9650012,701274.9879,2619.8332,V     |
| 1255,9650403.291,701544.1626,2593.0626,V | 1297,9650015.089,701278.4197,2620.0028,V |
| 1256,9650407.91,701558.1077,2591.7998,V  | 1298,9650026.153,701274.2183,2620.9542,V |
| 1257,9650412.502,701556.9078,2591.6086,V | 1299,9650027.015,701278.2807,2621.0501,V |
| 1258,9650417.463,701572.1544,2590.6333,V | 1300,9650034.461,701271.8853,2621.4323,V |
| 1259,9650422.239,701572.452,2590.2935,V  | 1301,9650037.101,701275.7294,2621.6439,V |
| 1260,9650425.43,701587.1518,2589.2609,V  | 1302,9650039.86,701265.626,2621.217,V    |
| 1261,9650430.035,701586.943,2589.052,V   | 1303,9650045.797,701264.3204,2621.1844,V |
| 1262,9650432.022,701602.6787,2588.1633,V | 1304,9650043.091,701252.3312,2620.592,V  |
| 1263,9650435.605,701601.0525,2587.9292,V | 1305,9650046.051,701250.6688,2620.3021,V |
| 1264,9650435.211,701615.6842,2587.2177,V | 1306,9650043.836,701238.5169,2620.2217,V |
| 1265,9650439.539,701616.3948,2586.997,V  | 1307,9650048.573,701237.313,2620.16,V    |
| 1266,9650437.393,701641.334,2585.8541,V  | 1308,9650049.241,701221.0365,2620.2635,V |
| 1267,9650442.357,701641.8277,2585.6213,V | 1309,9650052.43,701221.6531,2620.2981,V  |
| 1268,9650437.607,701657.2348,2585.0121,V | 1310,9650054.351,701211.1056,2620.4787,V |
|                                          |                                          |

|                                          |                                          |
|------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1311,9650061.41,701213.0341,2620.5871,V  | 1353,9650499.254,701761.4141,2572.699,V  |
| 1312,9650075.774,701212.2822,2620.7506,V | 1354,9650495.601,701762.8395,2572.6,V    |
| 1313,9650077.763,701207.6383,2620.7265,V | 1355,9650501.649,701788.2465,2570.6958,V |
| 1314,9650088.651,701215.3908,2620.5603,V | 1356,9650504.058,701789.2761,2570.6604,V |
| 1315,9650087.193,701220.5189,2620.5596,V | 1357,9650500.593,701804.948,2569.3941,V  |
| 1316,9650106.415,701238.0421,2620.1302,V | 1358,9650505.365,701809.0312,2568.8771,V |
| 1317,9650109.756,701235.2375,2620.1474,V | 1359,9650508.243,701828.5978,2567.2412,V |
| 1318,9650118.083,701249.3454,2619.7729,V | 1360,9650503.888,701828.6722,2567.1912,V |
| 1319,9650123.895,701247.999,2619.717,V   | 1361,9650509.625,701851.4184,2564.9391,V |
| 1320,9650141.447,701262.6661,2619.0853,V | 1362,9650506.491,701850.7293,2564.9244,V |
| 1321,9650142.021,701266.3704,2619.0288,V | 1363,9650512.732,701871.8415,2562.3552,V |
| 1322,9650167.377,701283.6141,2617.9906,V | 1364,9650507.692,701874.8302,2562.1356,V |
| 1323,9650161.557,701283.5104,2618.073,V  | 1365,9650509.266,701894.3624,2559.5157,V |
| 1324,9650186.079,701299.3155,2616.6849,V | 1366,9650512.621,701894.0649,2559.4107,V |
| 1325,9650182.381,701301.8959,2616.6809,V | 1367,9650510.805,701912.5749,2557.3715,V |
| 1326,9650209.124,701318.438,2614.9528,V  | 1368,9650511.33,701912.1731,2557.1146,V  |
| 1327,9650206.159,701321.747,2614.9131,V  | 1369,9650513.351,701926.6043,2555.7063,V |
| 1328,9650154.802,701266.7309,2623.9732,V | 1370,9650513.68,701926.3471,2555.5499,V  |
| 1329,9650164.455,701254.152,2633.4525,V  | 1371,9650520.638,701953.9081,2553.9656,V |
| 1330,9650150.483,701289.1649,2611.8084,V | 1372,9650526.986,701961.4751,2553.6032,V |
| 1331,9650153.911,701241.7692,2635.9723,V | 1373,9650531.343,701969.3028,2553.4325,V |
| 1332,9650136.545,701235.8268,2632.9069,V | 1374,9650527.704,701970.2,2553.4308,V    |
| 1333,9650124.629,701231.5837,2631.1992,V | 1375,9650539.286,701982.1945,2553.0387,V |
| 1334,9650131.742,701278.9034,2608.5438,V | 1376,9650549.569,702000.5948,2552.9222,V |
| 1335,9650105.385,701217.7221,2629.7882,V | 1377,9650547.313,701993.5799,2553.1543,V |

|                                          |                                          |
|------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1336,9650110.823,701264.3175,2609.1947,V | 1378,9650543.424,701982.0032,2556.9438,V |
| 1337,9650089.587,701206.3467,2627.6136,V | 1379,9650564.21,701985.4722,2567.9292,V  |
| 1338,9650087.124,701198.632,2626.6145,V  | 1380,9650536.214,701963.5194,2559.3641,V |
| 1339,9650092.828,701245.8521,2609.1539,V | 1381,9650563.36,701973.1735,2569.3179,V  |
| 1340,9650064.521,701193.4311,2623.0873,V | 1382,9650553.152,701945.3531,2572.4689,V |
| 1341,9650075.884,701228.8819,2613.0805,V | 1383,9650527.051,701944.1335,2562.796,V  |
| 1342,9650057.814,701198.3033,2623.0738,V | 1384,9650524.629,701923.0741,2562.2934,V |
| 1343,9650062.093,701231.5793,2614.2915,V | 1385,9650549.335,701915.6251,2577.4557,V |
| 1344,9650050.933,701209.6008,2621.6063,V | 1386,9650519.285,701899.5709,2563.129,V  |
| 1345,9650054.644,701243.1952,2615.8774,V | 1387,9650544.65,701889.9583,2579.0149,V  |
| 1346,9650048.738,701256.1505,2618.2294,V | 1388,9650540.327,701854.0433,2580.9613,V |
| 1347,9650048.31,701277.9259,2621.0209,V  | 1389,9650515.525,701867.4303,2566.8512,V |
| 1348,9650054.568,701291.5542,2617.4307,V | 1390,9650516.372,701837.3533,2569.1699,V |
| 1349,9650465.675,701712.5157,2579.1031,V | 1391,9650532.947,701820.5177,2583.4808,V |
| 1350,9650470.183,701708.1832,2579.283,V  | 1392,9650513.78,701820.6669,2574.0067,V  |
| 1351,9650488.278,701743.4187,2574.6287,V | 1393,9650529.891,701809.7605,2583.4758,V |
| 1352,9650492.861,701744.0114,2574.945,V  | 1394,9650523.956,701789.36,2578.7707,V   |
|                                          |                                          |
| 1395,9650514.854,701806.4708,2576.258,V  | 1437,9650626.402,702089.0351,2541.8415,  |
| 1396,9650510.299,701781.7376,2574.2645,V | 1438,9650648.588,702069.16,2558.17,      |
| 1397,9650520.96,701769.3059,2581.9929,V  | 1439,9650622.478,702053.3809,2559.1774,  |
| 1398,9650518.21,701762.1197,2583.0175,V  | 1440,9650640.079,702098.2017,2540.2144,  |
| 1399,9650497.883,701743.9859,2578.4563,V | 1441,9650648.232,702104.5861,2540.1126,  |
| 1400,9650485.516,701722.8314,2580.9546,V | 1442,9650647.113,702073.4544,2553.8213,V |
| 1401,9650495.573,701732.9652,2580.4616,V | 1443,9650644.852,702077.0445,2553.8382,V |



|                                                 |                                             |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1402,9650475.66,701705.8813,2585.2009,V         | 1444,9650654.262,702103.5513,2542.5615,     |
| 1403,9650461.157,701734.215,2568.0245,V         | 1445,9650657.535,702082.9993,2554.422,V     |
| 1404,9650473.82,701759.7565,2562.9333,V         | 1446,9650659.859,702079.215,2554.403,V      |
| 1405,9650488.853,701812.7363,2564.5037,V        | 1447,9650671.611,702082.7328,2555.2051,V    |
| 1406,9650489.963,701842.3353,2559.5402,V        | 1448,9650671.355,702087.7231,2555.3498,V    |
| 1407,9650485.891,701878.6029,2553.6504,V        | 1449,9650679.962,702086.5102,2555.4977,V    |
| 1408,9650494.439,701897.2221,2554.6101,V        | 1450,9650680.734,702085.8426,2555.6508,1A19 |
| 1409,9650497.962,701922.7619,2549.8511,V        | 1451,9650680.734,702085.8426,2555.6508,1A19 |
| 1410,9650500.359,701948.1384,2546.337,V         | 1452,9650677.688,702077.6978,2560.2737,     |
| 1411,9650450.913,701686.0147,2581.8692,15350A13 | 1453,9650676.647,702066.5523,2565.079,      |
| 1412,9650531.95,701982.5439,2553.3567,15486A17  | 1454,9650691.52,702054.5483,2565.5246,      |
| 1413,9650531.95,701982.5439,2553.3567,15486A17  | 1455,9650704.285,702055.9459,2563.0498,     |
| 1414,9650555.326,701986.3362,2563.7958,         | 1456,9650716.174,702048.4668,2568.9781,     |
| 1415,9650570.76,702005.0653,2560.9163,          | 1457,9650722.154,702055.1318,2565.1214,     |
| 1416,9650524.485,702006.8721,2541.4534,         | 1458,9650714.329,702059.6004,2562.8903,     |
| 1417,9650533.516,702013.6682,2542.3386,         | 1459,9650705.415,702063.657,2559.6734,      |
| 1418,9650564.419,702009.9243,2552.7996,V        | 1460,9650672.634,702082.7112,2555.2636,V    |
| 1419,9650560.95,702013.1707,2552.9337,V         | 1461,9650679.564,702081.7062,2555.3729,V    |
| 1420,9650576.016,702026.0956,2553.0807,V        | 1462,9650684.618,702079.4325,2555.5077,V    |
| 1421,9650578.909,702022.8263,2553.0691,V        | 1463,9650693.138,702074.336,2555.7118,V     |
| 1422,9650590.769,702038.5436,2553.3876,V        | 1464,9650685.392,702083.2084,2555.5884,V    |
| 1423,9650594.405,702036.5785,2553.5409,V        | 1465,9650693.991,702078.0836,2555.8412,V    |
| 1424,9650604.417,702050.353,2554.1345,V         | 1466,9650701.862,702073.9645,2556.1842,V    |
| 1425,9650609.276,702048.9637,2554.1333,V        | 1467,9650704.902,702068.321,2556.6191,V     |
| 1426,9650621.393,702058.6231,2553.9194,V        | 1468,9650714.323,702069.807,2557.3435,V     |

|                                                 |                                             |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1427,9650620.638,702062.703,2553.8904,          | 1469,9650716.148,702063.9898,2557.4396,V    |
| 1428,9650619.714,702062.3197,2554.0311,15501A18 | 1470,9650723.041,702065.8144,2557.7489,V    |
| 1429,9650619.714,702062.3197,2554.0311,15501A18 | 1471,9650725.388,702058.9001,2557.6793,V    |
| 1430,9650630.938,702044.6631,2567.5657,         | 1472,9650670.17,702095.209,2549.9993,       |
| 1431,9650585.872,702048.389,2548.1425,          | 1473,9650678.352,702095.4365,2549.8846,     |
| 1432,9650589.741,702056.4429,2545.1994,         | 1474,9650683.317,702095.1695,2550.2159,     |
| 1433,9650671.725,702070.4795,2566.9672,         | 1475,9650717.856,702069.6696,2557.7133,1A20 |
| 1434,9650601.99,702069.4076,2542.0924,          | 1476,9650717.856,702069.6696,2557.7133,1A20 |
| 1435,9650664.627,702076.4094,2560.4544,         | 1477,9650701.933,702092.7395,2546.2357,     |
| 1436,9650611.937,702080.6941,2541.6975,         | 1478,9650717.923,702086.327,2546.0193,      |
|                                                 |                                             |
| 1479,9650736.053,702076.778,2546.9706,          | 1521,9650826.369,701915.4203,2543.162,V     |
| 1480,9650752.942,702063.6965,2546.1124,         | 1522,9650830.993,701900.5161,2542.2712,V    |
| 1481,9650720.395,702040.3091,2572.331,          | 1523,9650827.537,701899.8347,2542.3349,V    |
| 1482,9650727.867,702038.8311,2571.4561,         | 1524,9650833.395,701885.7204,2541.6226,V    |
| 1483,9650780.297,702048.4915,2547.5456,         | 1525,9650836.389,701888.0513,2541.4446,V    |
| 1484,9650737.891,702033.8653,2570.7344,         | 1526,9650845.844,701873.354,2541.1164,V     |
| 1485,9650798.929,702040.6505,2547.9167,         | 1527,9650847.544,701865.4964,2540.9092,V    |
| 1486,9650733.018,702043.0098,2566.8905,         | 1528,9650853.207,701864.6136,2540.8485,V    |
| 1487,9650724.131,702053.7133,2565.1432,         | 1529,9650852.111,701860.7751,2540.7817,V    |
| 1488,9650720.655,702056.8139,2564.4974,         | 1530,9650861.237,701856.8161,2540.5456,V    |
| 1489,9650709.98,702053.5367,2565.8586,          | 1531,9650861.934,701851.9788,2540.4717,V    |
| 1490,9650725.167,702059.261,2557.6848,V         | 1532,9650870.647,701845.8758,2539.6832,V    |
| 1491,9650726.955,702062.6144,2557.7628,V        | 1533,9650870.826,701849.5037,2539.6597,V    |
| 1492,9650735.179,702050.6962,2557.3218,V        | 1534,9650884.155,701842.4008,2538.4928,V    |

|                                                  |                                          |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1493,9650739.088,702052.8254,2557.2494,V         | 1535,9650880.458,701838.2141,2538.2229,V |
| 1494,9650748.27,702040.3641,2556.7704,V          | 1536,9650887.362,701832.4251,2537.4947,V |
| 1495,9650751.258,702042.9218,2556.6059,V         | 1537,9650891.616,701835.2302,2537.5694,V |
| 1496,9650762.363,702030.152,2556.147,V           | 1538,9650897.076,701826.5382,2536.9572,V |
| 1497,9650764.794,702034.1448,2556.2196,V         | 1539,9650893.982,701823.2213,2536.7178,V |
| 1498,9650775.84,702022.0108,2555.7428,V          | 1540,9650897.894,701811.47,2536.3256,V   |
| 1499,9650778.279,702026.2359,2555.708,V          | 1541,9650902.169,701812.7169,2536.3943,V |
| 1500,9650788.143,702013.2853,2554.4322,V         | 1542,9650908.871,701794.3642,2536.0568,V |
| 1501,9650793.015,702019.7874,2555.0733,V         | 1543,9650906.291,701792.2369,2536.0942,V |
| 1502,9650797.921,702017.7769,2554.9681,15572A 21 | 1544,9650914.244,701782.4193,2536.4548,V |
| 1503,9650797.921,702017.7769,2554.9681,15572A 21 | 1545,9650912.813,701779.4637,2536.4997,V |
| 1504,9650790.588,702018.2767,2554.9823,V         | 1546,9650920.131,701768.6981,2537.4658,V |
| 1505,9650785.985,702015.6304,2554.8117,V         | 1547,9650922.178,701772.0392,2537.4297,V |
| 1506,9650794.079,702010.7204,2554.1636,V         | 1548,9650930.992,701760.3168,2537.9594,V |
| 1507,9650790.647,702008.0539,2553.8129,V         | 1549,9650933.631,701763.7269,2538.1438,V |
| 1508,9650795.984,701999.8543,2552.9163,V         | 1550,9650947.698,701756.3733,2538.1617,V |
| 1509,9650793.509,701996.0642,2552.7294,V         | 1551,9650946.641,701751.9596,2538.0779,V |
| 1510,9650797.444,701985.0378,2551.8802,V         | 1552,9650962.896,701743.2673,2538.0599,V |
| 1511,9650800.427,701986.928,2551.8232,V          | 1553,9650963.346,701748.0968,2538.3885,V |
| 1512,9650804.206,701971.3025,2549.7556,V         | 1554,9650976.306,701734.9054,2538.3871,V |
| 1513,9650807.359,701973.4783,2549.8799,V         | 1555,9650978.252,701739.1168,2538.4436,V |
| 1514,9650813.008,701961.1438,2547.9434,V         | 1556,9650995.965,701726.9623,2537.226,V  |
| 1515,9650810.002,701957.2316,2547.3336,V         | 1557,9650993.08,701720.8297,2537.3683,V  |
| 1516,9650817.136,701947.0325,2546.216,V          | 1558,9651000.259,701725.83,2536.7828,V   |
| 1517,9650813.237,701944.2449,2545.5793,V         | 1559,9650999.93,701715.1355,2537.9757,   |

|                                          |                                         |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1518,9650816.628,701929.9228,2544.5136,V | 1560,9651003.867,701743.5183,2534.7977, |
| 1519,9650821.059,701931.1507,2544.4483,V | 1561,9650995.923,701707.0389,2542.3485, |
| 1520,9650821.998,701915.2575,2543.1545,V | 1562,9650988.143,701756.7537,2535.0772, |

|                                         |                                         |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1563,9650972.732,701723.0559,2546.399,  | 1595,9650771.399,702002.4845,2573.8055, |
| 1564,9650971.253,701764.2001,2534.0865, | 1596,9650800.23,702031.5409,2550.8801,  |
| 1565,9650956.041,701783.1058,2533.3566, | 1597,9650764.87,702011.7652,2572.7527,  |
| 1566,9650959.867,701721.7467,2552.7492, | 1598,9650787.088,702041.4585,2549.3339, |
| 1567,9650942.723,701802.8854,2533.4939, | 1599,9650757.855,702016.9233,2573.966,  |
| 1568,9650950.475,701728.7692,2553.1661, | 1600,9650799.181,701998.0387,2544.8747, |
| 1569,9650934.956,701812.7153,2532.5044, |                                         |
| 1570,9650947.354,701737.6679,2548.7646, |                                         |
| 1571,9650911.603,701829.7488,2527.1158, |                                         |
| 1572,9650917.73,701751.585,2543.1493,   |                                         |
| 1573,9650923.35,701853.0646,2520.908,   |                                         |
| 1574,9650901.212,701876.2257,2519.6728, |                                         |
| 1575,9650867.823,701820.5604,2558.1108, |                                         |
| 1576,9650879.935,701905.051,2519.4,     |                                         |
| 1577,9650852.941,701826.6871,2560.138,  |                                         |
| 1578,9650836.5,701838.9992,2559.331,    |                                         |
| 1579,9650873.361,701936.9346,2520.7984, |                                         |
| 1580,9650824.484,701845.9994,2559.2863, |                                         |
| 1581,9650814.844,701862.3212,2557.7863, |                                         |
| 1582,9650861.465,701949.0732,2525.2585, |                                         |
| 1583,9650836.451,701974.8519,2533.0804, |                                         |

|                                         |
|-----------------------------------------|
| 1584,9650831.245,701964.0968,2538.8272, |
| 1585,9650820.613,701974.1858,2541.2093, |
| 1586,9650786.213,701916.5438,2571.2682, |
| 1587,9650813.114,701983.7232,2544.1598, |
| 1588,9650788.166,701930.5435,2569.1816, |
| 1589,9650810.81,702011.3646,2548.3267,  |
| 1590,9650774.423,701955.1913,2572.5249, |
| 1591,9650805.179,702010.4607,2550.351,  |
| 1592,9650798.925,702010.8254,2553.0047, |
| 1593,9650773.998,701981.4738,2571.4797, |
| 1594,9650805.648,702022.7954,2549.4689, |

## Anexo 2. Análisis de laboratorio



**LABORATORIO DE SUELOS**

Finlay Marchant y Av. Loja / Urb. Antonio Borrero V. / Torre 28/  
Teléfono: 2385-571 / 0998773004 (PRIVADO) - Cuenca  
Av. Orlando y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)  
Teléfono: 2247-645 / 0355713374 (SUCURSAL Azuay)

Ing. Iván Riquelme V.  
M.Sc. Geotecnia  
Diplomado State University

Ing. Juan Pablo Riquelme M.  
M.Sc. Geología y Geotecnia  
Universidad de Cuenca

---

**PROYECTO:** ESTUDIO DE TRÁFICO, DISEÑO GEOMÉTRICO, DISEÑO DE PAVIMENTOS Y PRESUPUESTO DE LA VÍA PARCUSPAMBA - CAJUIL, CANTÓN GIRON - PROVINCIA DEL AZUAY (TRAMO 1: ABS 4+000 HASTA 4+1000) TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN LA GERENCIA DE CONSTRUCCIONES.

**UBICACIÓN:** VÍA PARCUSPAMBA - CAJUIL, CANTÓN GIRON

**SOLICITA:** Sr. JUAN FERNANDO TORRES MALDONADO.

**ALTURA DEL MOLDE:** 4,50 PULGADAS

**ÁREA DEL PISTÓN:** 31 PULGADAS<sup>2</sup>

**ABSCISA:** 8110 (TRAMO 1: ABS 4+300 HASTA ABS 4+500)

**ESPONJAMIENTO**

| DÍA Y MES | MOLDE No. 16        |                       |                      | MOLDE No. 17        |                       |                      | MOLDE No. 18        |                       |                      |
|-----------|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
|           | LECTURA CUAL (pulg) | ALTURA MUESTRA (pulg) | ESPONJAMIENTO (pulg) | LECTURA CUAL (pulg) | ALTURA MUESTRA (pulg) | ESPONJAMIENTO (pulg) | LECTURA CUAL (pulg) | ALTURA MUESTRA (pulg) | ESPONJAMIENTO (pulg) |
|           |                     |                       |                      |                     |                       |                      |                     |                       |                      |
| 0         | 0                   | 4,50                  | 0,000                | 0                   | 4,50                  | 0,000                | 0                   | 4,50                  | 0,000                |
| 1         | 137                 | 4,50                  | 0,137                | 209                 | 4,50                  | 0,209                | 263                 | 4,50                  | 0,263                |
| 2         | 297                 | 4,50                  | 0,297                | 409                 | 4,50                  | 0,409                | 435                 | 4,50                  | 0,435                |
| 3         | 297                 | 4,50                  | 0,297                | 471                 | 4,50                  | 0,471                | 501                 | 4,50                  | 0,501                |

**PENETRACIÓN**

| TRAMO | PES. CUAL (pulg) | MOLDE No. 16 |                  |                  | MOLDE No. 17 |                  |                  | MOLDE No. 18 |                  |                  |
|-------|------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|------------------|------------------|
|       |                  | CARGA (pulg) | PES. CUAL (pulg) | PES. CUAL (pulg) | CARGA (pulg) | PES. CUAL (pulg) | PES. CUAL (pulg) | CARGA (pulg) | PES. CUAL (pulg) | PES. CUAL (pulg) |
|       |                  |              |                  |                  |              |                  |                  |              |                  |                  |
| 1     | 0,5              | 25           | 4,50             | 11               | 7,62         | 10               | 5,91             | 17           | 34               | 27               |
| 2     | 1,5              | 75           | 12,62            | 31               | 11,22        | 35               | 12,22            | 33           | 27               | 12,00            |
| 3     | 3                | 150          | 15,50            | 38               | 13,93        | 49               | 17,33            | 43           | 27               | 12,00            |
| 4     | 303              | 27,00        | 57               | 25,00            | 60           | 24,30            | 52               | 27,00        | 52               | 27,00            |
| 5     | 503              | 50,50        | 75               | 27,40            | 65           | 27,40            | 55               | 24,00        | 55               | 24,00            |
| 6     | 500              | 52,25        | 80               | 28,35            | 72           | 28,35            | 62               | 25,50        | 62               | 25,50            |
| 8     | 400              | 33,35        | 62               | 32,30            | 76           | 32,30            | 64               | 25,35        | 64               | 25,35            |
| 10    | 500              | 37,50        | 77               | 35,10            | 70           | 34,00            | 59               | 24,00        | 59               | 24,00            |

Ing. Iván Riquelme V.





## LABORATORIO DE SUELOS

Fray Marchena y Av. Loja (Urb. Antonio Borrero V. lote 29)  
Telfs: 2385-371 0999773004 (PRINCIPAL: Cuenca)  
Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)  
Telfs: 2247-645 0985713834 (SUCURSAL: Azuay)

Ing. Iván Riquetti V.  
M.Sc. Geotecnia  
Oklahoma State University

Ing. Juan Pablo Riquetti M.  
M.Sc. Geología y Geotecnia  
Universidad de Cuenca

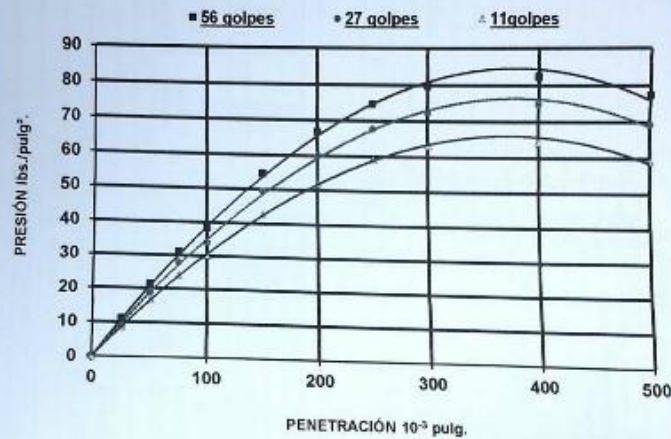
### LABORATORIO DE SUELOS R & R.

PROYECTO: ESTUDIO DE TRAFICO, DISEÑO GEOMETRICO, DISEÑO DE PAVIMENTOS Y PRESUPUESTO DE LA VIA PARCUPAMBA - CAUQUIL, CANTON GIRON - PROVINCIA DEL AZUAY (TRAMO 1: ABS 4+000 HASTA ABS 6+000). TRABAJO DE GRADUACION PREVIO A LA OBTENCION INGENIERO CIVIL CON ENFASIS EN LA GERENCIA DE CONSTRUCCIONES.

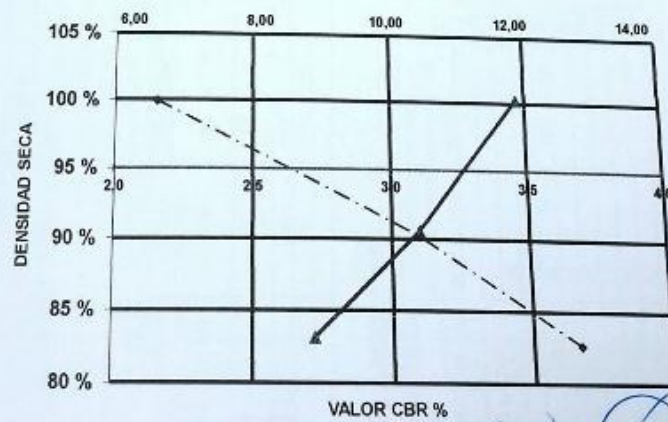
ABSCISA: SITIO (TRAMO 1, ABS 4+000 HASTA ABS 6+000)

0

#### PRESION vs. PENETRACION



#### % DE ESPONJAMIENTO



Ing. Iván Riquetti V.



Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)  
Tel.: 2247-545 (0807) 3834 (SUCURSAL Azupard)

Ing. Juan Pablo Riqueni M.  
M.Sc. Geología y Geotécnica  
Universidad de Cuenca

[illegible]



**Anexo 3. Comprobación de curvas horizontales**

Se comprobó que las curvas horizontales tengan la longitud de transición adecuada:

| Tramo entre curvas | L Transición (Diseño) | L Transición mínimo | Validación Transición Long. |
|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|
| 1-2                | 16.717                | 16.000              | Si Cumple                   |
| 2-3                | 47.008                | 28.000              | Si Cumple                   |
| 3-4                | 113.458               | 60.000              | Si Cumple                   |
| 4-5                | 57.334                | 48.000              | Si Cumple                   |
| 5-6                | 93.95                 | 16.000              | Si Cumple                   |
| 6-7                | 44.464                | 16.000              | Si Cumple                   |
| 7-8                | 48.834                | 16.000              | Si Cumple                   |
| 8-9                | 31.756                | 16.000              | Si Cumple                   |
| 9-10               | 63.346                | 16.000              | Si Cumple                   |
| 10-11              | 122.743               | 16.000              | Si Cumple                   |
| 11-12              | 42.311                | 16.000              | Si Cumple                   |
| 12-13              | 78.623                | 16.000              | Si Cumple                   |
| 13-14              | 52.388                | 28.000              | Si Cumple                   |
| 14-15              | 37.993                | 28.000              | Si Cumple                   |
| 15-16              | 69.335                | 16.000              | Si Cumple                   |
| 16-17              | 20.818                | 16.000              | Si Cumple                   |
| 17-18              | 19.733                | 16.000              | Si Cumple                   |
| 18-19              | 68.49                 | 16.000              | Si Cumple                   |

|          |        |        |           |
|----------|--------|--------|-----------|
| 19-20    | 27.258 | 16.000 | Si Cumple |
| 20-21    | 20.65  | 16.000 | Si Cumple |
| 21-22    | 43.899 | 16.000 | Si Cumple |
| 22-Final | 84.002 | 8.000  | Si Cumple |

---

**Anexo 4. (Validación de curvas Verticales)**

La validación de las longitudes escogidas para cada curva vertical se presenta a continuación:

|    |         |         | de     | de     | de     | de    | A      |         |           |
|----|---------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|-----------|
|    |         |         |        |        |        |       |        |         |           |
| 2  | 4+166.6 | 2622.84 | Convex | 4.61%  | -3.51% | 8.12% | 35.000 | 200.000 | Si Cumple |
|    | 4       | 4       | a      |        |        |       |        |         |           |
| 3  | 4+504.8 | 2610.97 | Convex | -3.51% | -      | 7.89% | 35.000 | 125.000 | Si Cumple |
|    | 0       | 5       | a      |        | 11.40% |       |        |         |           |
| 4  | 4+674.7 | 2591.59 | Cóncav | -      | -6.89% | 4.51% | 35.000 | 60.000  | Si Cumple |
|    | 5       | 7       | a      |        | 11.40% |       |        |         |           |
| 5  | 4+730.0 | 2587.78 | Cóncav | -6.89% | -4.59% | 2.30% | 35.000 | 35.000  | Si Cumple |
|    | 9       | 4       | a      |        |        |       |        |         |           |
| 6  | 4+770.5 | 2585.92 | Convex | -4.59% | -9.27% | 4.68% | 35.000 | 35.000  | Si Cumple |
|    | 6       | 7       | a      |        |        |       |        |         |           |
| 7  | 4+842.8 | 2579.22 | Convex | -9.27% | -      | 1.72% | 35.000 | 60.000  | Si Cumple |
|    | 9       | 4       | a      |        | 10.99% |       |        |         |           |
| 8  | 4+902.8 | 2572.63 | Cóncav | -      | -8.14% | 2.85% | 35.000 | 50.000  | Si Cumple |
|    | 0       | 9       | a      |        | 10.99% |       |        |         |           |
| 9  | 4+978.1 | 2566.50 | Convex | -8.14% | -      | 3.73% | 35.000 | 60.000  | Si Cumple |
|    | 0       | 7       | a      |        | 11.87% |       |        |         |           |
| 10 | 5+084.1 | 2553.91 | Cóncav | -      | -1.88% | 9.99% | 59.940 | 60.000  | Si Cumple |
|    | 8       | 4       | a      |        | 11.87% |       |        |         |           |
| 11 | 5+222.7 | 2551.30 | Cóncav | -1.88% | 4.68%  | 6.56% | 39.480 | 165.000 | Si Cumple |
|    | 9       | 7       | a      |        |        |       |        |         |           |

|    |         |         |        |        |        |        |        |         |           |
|----|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|
| 12 | 5+397.4 | 2559.48 | Convex | 4.68%  | -      | 16.39% | 35.000 | 140.000 | Si Cumple |
|    | 2       | 2       | a      |        | 11.71% |        |        |         |           |
| 13 | 5+535.9 | 2543.26 | Cóncav | -      | -3.87% | 7.85%  | 47.640 | 50.000  | Si Cumple |
|    | 4       |         | a      |        | 11.71% |        |        |         |           |
| 14 | 5+616.8 | 2540.13 | Convex | -3.87% | -7.41% | 3.55%  | 35.000 | 35.000  | Si Cumple |
|    | 6       | 2       | a      |        |        |        |        |         |           |
| 15 | 5+687.0 | 2534.92 | Cóncav | -7.41% | 5.45%  | 12.87% | 77.220 | 78.000  | Si Cumple |
|    | 8       | 7       | a      |        |        |        |        |         |           |
| 16 | 5+763.5 | 2539.1  | Convex | 5.45%  | -3.89% | 9.35%  | 35.000 | 60.000  | Si Cumple |
|    | 8       |         | a      |        |        |        |        |         |           |

En las curvas verticales se ha escogido longitudes tales que se garantice la longitud determinada por el índice de curvatura ( $K=L/A$ ) y la distancia de visibilidad de frenado, según corresponda a una curva convexa o cóncava. Para la velocidad de diseño de 30km/h se tiene los siguientes parámetros:

| Curva                  | Distancia de visibilidad de frenado (m) |  | Índice de Curvatura K |  | Distancia de visibilidad de adelantamiento (m) |  | Índice de Curvatura K |  |
|------------------------|-----------------------------------------|--|-----------------------|--|------------------------------------------------|--|-----------------------|--|
|                        |                                         |  |                       |  |                                                |  |                       |  |
| Curva Vertical Convexa | 35                                      |  | 1.9                   |  | 200                                            |  | 46                    |  |
| Curva Vertical Cóncava | 35                                      |  | 6                     |  | -                                              |  | -                     |  |