

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA



UNIDAD ACADEMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE PAVIMENTOS DE LAS VIAS EL SALADO - PAMPA DE ROSAS, PAMPA DE ROSAS - PERLAS PAMBA Y LA DOLOROSA - EL SALADO

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

FREDDY RUBÉN HERRERA GALINDO

MAYCOL ANDRÉS JARRIN DURAN

Director: Ing. Civ. César Humberto Maldonado, M.Sc.

2018

DECLARACIÓN

Nosotros, FREDDY RUBÉN HERRERA GALINDO y MAYCOL ANDRÉS JARRIN DURAN, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Freddy Rubén Herrera Galindo
C.I. 0104184825

Maycol Andrés Jarrin Duran
C.I. 0104452008

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por FREDDY RUBÉN HERRERA GALINDO y MAYCOL ANDRÉS JARRIN DURAN, bajo mi supervisión:

Ing. César Humberto Maldonado, M.Sc.
DIRECTOR

DEDICATORIA

A mis padres Lucio Jarrín y Eva Durán que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye esta tesis. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis metas.

Esta tesis se la dedico con todo mi amor a mi madre María Eugenia Galindo, por su esfuerzo y sacrificio he logrado terminar mi carrera, gracias por el apoyo económico y moral en todo este tiempo de mi vida universitaria.

Gracias Mamita.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios y en especial a nuestros padres, hermanos, esposa e hijos que durante todos estos años han sido un apoyo incondicional.

A nuestro director de tesis Ing. Civil. César Humberto Maldonado M.Sc. por su tiempo, entrega dedicada y guiarnos en el desarrollo de este trabajo.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Sinincay y a su presidente el Sr. José Luis Atancuri, por permitirnos realizar este proyecto.

Al Ing. Luis Mario Almache que ha colaborado en este trabajo investigativo facilitándonos información.

Índice

DECLARACIÓN	2
CERTIFICACIÓN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
Resumen.....	11
Abstract	12
Capítulo I: Generalidades	13
1.1 Antecedentes.....	13
1.2 Ubicación de la vía de estudio	13
1.3 Clima	15
1.3.1 Temperatura	15
1.3.2 Precipitación.....	17
1.4 Objetivos y alcances	19
1.4.1 Objetivo general	19
1.4.2 Objetivos específicos.....	19
1.4.3 Alcance.....	19
Capítulo II: Estudios preliminares y consideraciones de diseño	21
2.1 Estudio topográfico.....	21
2.1.2 Levantamiento de detalle	21
2.2 Aplicación de software	24
2.2.1 Planimetría	25
2.2.2 Altimetría	26
2.3 Conteo Vehicular (TPDA).....	26
2.3.1 Composición y volumen de tráfico	27
2.3.2 Periodo de diseño	31
Capítulo III: Diseño Geométrico	33
3.1 Revisión de normas existentes de diseño	33
3.2 Parámetros de diseño geométrico	33
3.3 Alineamiento Horizontal	33
3.3.1 Velocidad de diseño	34
3.3.2 Distancia de visibilidad de parada.....	35
3.3.3 Curvas Horizontales	38
3.3 Resultados del diseño horizontal	46
3.5 Alineamiento Vertical.....	51

3.5.1 Curvas Verticales	51
3.5.1.1 Curvas verticales cóncavas.....	51
3.3.1.2 Curvas verticales convexas	53
3.6 Resultados del diseño vertical	55
Capítulo IV: Estudio de suelos	57
4.1 Extracción de calicatas y Análisis de suelos	57
4.2 Granulometría.....	58
4.3 Límites de Atterberg.....	58
4.4 Compactación	60
4.5 Clasificación de los suelos.....	62
4.6 Estratigrafía	63
4.7 CBR	68
Capítulo V: Diseño de pavimentos	70
5.1 Factor equivalente (Fe).....	70
5.2 Numero de ejes equivalentes (Nt)	72
5.3 Factor de confiabilidad	75
5.4 Desviación estándar (Zr)	75
5.5 Error normal combinado (So).....	76
5.6 Modulo resiliente de la subrasante (Mr).....	77
5.7 Cálculo de número estructural (Sn)	77
5.8 Cálculo del espesor de las capas del pavimento	78
5.8.1 Coeficiente del asfalto (a1)	79
5.8.2 Coeficiente de base granular (a2).....	79
5.8.3 Capa de mejoramiento.....	80
5.8.4 Coeficiente de drenaje.....	81
5.9 Determinación de la estructura de pavimento	82
Capítulo VI: Movimiento de tierras.....	84
6.1 Secciones Típicas	84
6.1.1 Calzada.....	84
6.1.2 Veredas.....	85
6.3 Corte y relleno	88
6.4 Diagrama de masas.....	89
Capítulo VII: Señalización.....	91
7.1 Señalización horizontal.....	91
7.1.1 Líneas longitudinales.....	91

7.1.2 Líneas transversales.....	92
7.1.3 Símbolos y leyendas.....	92
7.2 Señalización vertical.....	93
Capítulo VIII: Presupuesto	101
8.1 Cantidad de Obra	101
8.2 Análisis de Precios unitarios.....	101
8.3 Presupuesto Referencial	101
Capítulo IX: Conclusiones y Recomendaciones.....	102
9.1 Conclusiones.....	102
9.2 Recomendaciones	103
Bibliografía	104
Anexos	105
Anexo 1: Estudio de suelos	105
Anexo 2: Planos Diseño Geométrico.....	105
Anexo 3: Planos Simbología	105
Anexo 4: Presupuesto Referencial.....	105

Índice de tablas

Tabla 1 Coordenadas de la vía de estudio.....	14
Tabla 2 Cuadro de estaciones	21
Tabla 3 Cuadro de BM.....	24
Tabla 4 Días calendario de cada mes	30
Tabla 5 Cuadro de consumo de combustibles.....	31
Tabla 6 Tasa de crecimiento vehicular	32
Tabla 7 Clasificación funcional de las vías en base al TPDA	32
Tabla 8 Cuadro de velocidades de diseño.....	34
Tabla 9 Cuadro distancia de visibilidad de parada	37
Tabla 10 Tasa de sobreelevación (peralte).....	41
Tabla 11 Tabla de coeficiente de fricción.....	42
Tabla 12 Radio mínimo recomendado	43
Tabla 13 Cuadro de elementos de curva vía La Dolorosa – El Salado.....	47
Tabla 14 Cuadro de elementos de curva vía El Salado – Pampa de Rosas.	48
Tabla 15 Cuadro de elementos de curva vía Pampa de rosas - Perlaspamba	49
Tabla 16 Cuadro de taludes corte recomendado	50
Tabla 17 Cuadro de taludes de relleno recomendado	50
Tabla 18 Índice de curvatura para curvas cóncavas.....	53
Tabla 19 Índice de curvatura para curvas convexas	55
Tabla 20 Cuadro de abertura de tamices.....	58
Tabla 21 Límites de Atterberg según el tipo de suelo	60
Tabla 22 Cuadro de simbología método SUCS	62
Tabla 23 Cuadro de CBR percentil.....	68
Tabla 24 Factor de peso de ejes estandarizado	70
Tabla 25 Tabla nacional de pesos y dimensiones	71
Tabla 26 Tabla de factores equivalentes según los ejes.....	72
Tabla 27 Tabla de resultados “numero de ejes equivalentes”	74
Tabla 28 Tabla de factores de confiabilidad recomendada.....	75
Tabla 29 Factores de desviación estándar.....	76
Tabla 30 Error normal combinado So.....	76
Tabla 31 Coeficiente de asfalto.....	79
Tabla 32 Espesor de sustitución para capa de mejoramiento	80
Tabla 33 Coeficiente de mejoramiento	80
Tabla 34 Tiempo de evacuación según el tipo de drenaje	81

Tabla 35 Coeficiente de drenaje recomendado	81
Tabla 36 Espesor de la estructura de rodamiento	83
Tabla 37 Tabla de sumideros propuestos	88
Tabla 38 Tabla de volúmenes	95
Tabla 39 Distancia mínima entre señales verticales	95
Tabla 40 Cuadro de señalización vía El Salado – Pampa de rosas	96
Tabla 41 Cuadro de señalización vía Pampa de rosas – El Salado	97
Tabla 42 Cuadro de señalización vía Pampa de rosas – Perlaspamba	97
Tabla 43 Cuadro de señalización vía Perlaspamba – Pampa de rosas	97
Tabla 44 Cuadro de señalización vía La Dolorosa – El Salado	98
Tabla 45 Cuadro de señalización vía El Salado – La Dolorosa	99

Resumen

El presente proyecto se lleva a cabo en la parroquia de Sinincay, provincia del Azuay.

El acceso y el centro de la parroquia cuenta con vías en buen estado, en cambio sus vías aledañas se encuentran a nivel de lastre ocasionando molestias y dificultades en las comunidades circundantes. Ante esta problemática diagnosticada se procede a realizar los estudios y diseño de las vías El Salado – Pampa de Rosas, Pampa de Rosas – Perlas Pamba y La Dolorosa - El Salado.

Se procede a realizar el Diseño Geométrico y de Pavimentos, estudios de TPDA, Topografía y Señalización bajo las normas del MTOP NEVI 2012 y AASHTO, el diseño de pavimento flexible se lo ha realizado con el método AASHTO 93.

El presupuesto de este proyecto es de \$ 1.954.275,40 y los beneficiarios directos serán los habitantes de esta zona que verán mejorada su escuálida economía.

Palabras clave: DISEÑO GEOMÉTRICO, MEJORAMIENTO DE VÍAS, PAVIMENTO FLEXIBLE, CANAL DE RIEGO.

Abstract

The present project is carried out in the parish of Sinincay, province of Azuay.

The access and the center of the parish has roads in good condition, however its neighboring roads are at the level of ballast causing inconvenience and difficulties in the surrounding communities. Faced with this diagnosed problem, we proceed to study and design the El Salado - Pampa de Rosas, Pampa de Rosas - Pamba and La Dolorosa - El Salado.

We proceed to perform the Geometric and Pavement Design, TPDA studies, Topography and Signaling under the standards of the MTOP NEVI 2012 and AASHTO, the flexible pavement design has been done with the AASHTO 93 method.

The budget for this project is \$ 1,954,275.40 and the direct beneficiaries will be the inhabitants of this area who will see their squalid economy improved.

Keywords: GEOMETRIC DESIGN, ROAD IMPROVEMENT, FLEXIBLE PAVING, IRRIGATION CHANNEL.

Capítulo I: Generalidades

1.1 Antecedentes

Las vías de estudio se encuentran compuestas por una capa de rodadura a nivel de lastre, con deficiencias en su trazado, su drenaje y radios de curvatura que dificultan una circulación adecuada de los vehículos, cuenta con 6 puentes; según el Ministerio Del Transporte Y Obras Públicas se ha clasificado como “Carretera de dos carriles tipo C3”.

La tesis tiene el fin de realizar el diseño geométrico con lo cual se logrará mejorar la calidad de vida de la población de esa zona y mejorar tiempos de traslado de sus habitantes lo que ayuda mucho para el desarrollo del comercio de la zona.

1.2 Ubicación de la vía de estudio

El proyecto se desarrolla en la provincia del Azuay, parroquia de Sinincay, perteneciente a la ciudad de Cuenca, la vía existente une los sectores de El Salado, La Dolorosa, Pampa de Rosas y Perlas Pamba, por la zona de ubicación es considerada como un camino básico.

Las fotografías 1,2,3 presentan la situación actual de las vías.



Fotografía 1 La Dolorosa – El Salado (Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 2 Pampa de Rosas – Perlas Pamba (Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 3 El Salado – Pampa de Rosas
(Fuente: Elaboración propia)

La vía presenta deficiencias en su diseño geométrico, no consta con un diseño de pavimentos y un diseño de drenaje adecuado, las ubicaciones de estas vías de estudio se exponen a continuación.

Tabla 1

Coordenadas de la vía de estudio

ZONA	LATITUD (m)	LONGITUD (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)
1. EL SALADO	9686078.00	721487.00	2723
2. LA DOLOROSA	9685225.00	720660.00	2707
3. PERLASPAMBA	9684069.00	721583.00	2648

Coordenadas obtenidas de levantamiento (Fuente: Elaboración propia)

La figura 1 presenta la ubicación de las vías de estudio.

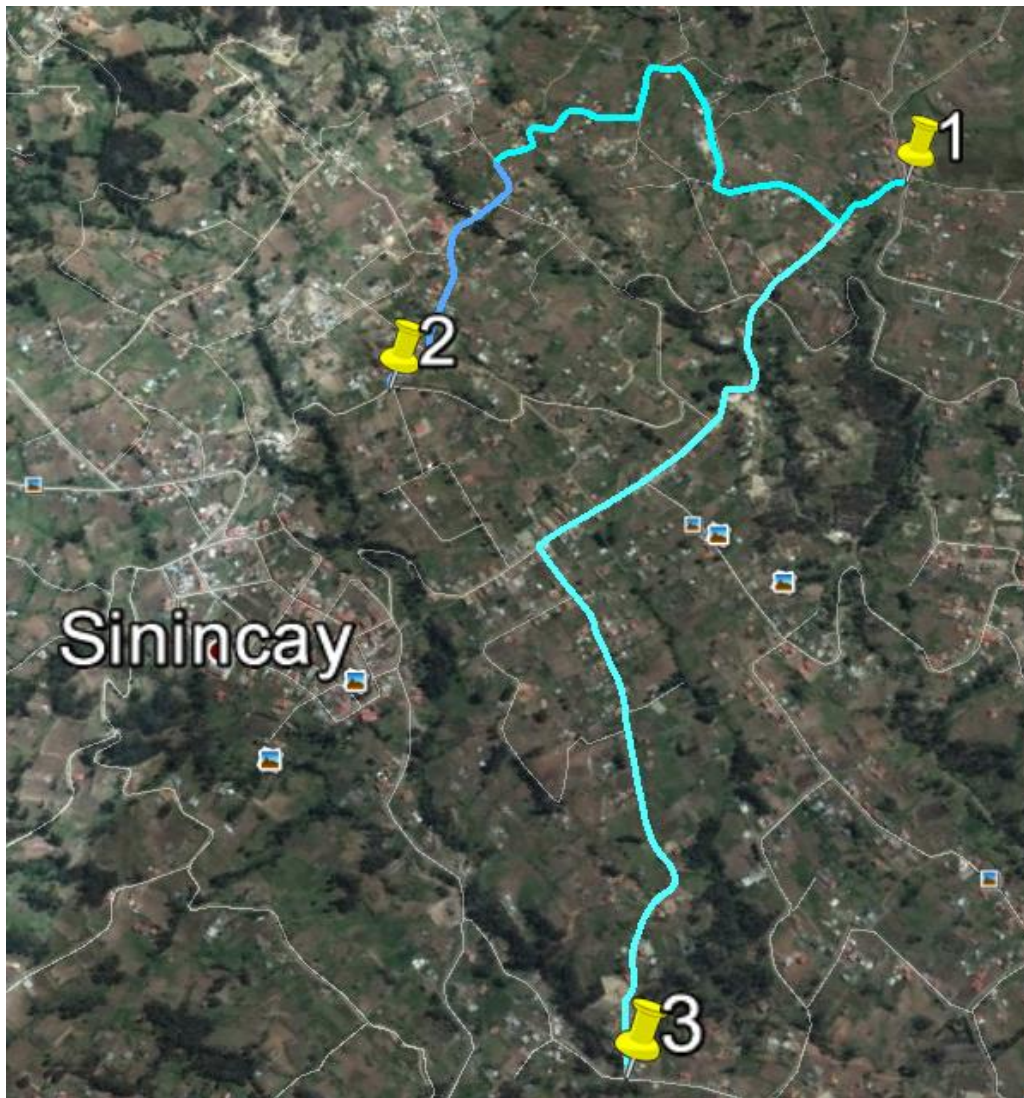


Figura 1. Ubicación de las vías de estudio (Fuente: Elaboración propia)

1.3 Clima

1.3.1 Temperatura

En la parroquia Sinincay la temperatura media anual en las áreas más altas según datos otorgados por el Municipio de Cuenca varía de 6 a 8 °C, donde se alcanza una altitud de hasta 3960 msnm. En las zonas más bajas, la temperatura media anual alcanza un rango de 14 a 16 °C, donde se presenta una altitud desde 2567 msnm.

The map shows the parish of Sininca, which is part of the province of Azuay, Ecuador. The map is color-coded by elevation, with a legend indicating the following ranges:

- 0-400
- 401-800
- 801-1200
- 1201-1600
- 1601-2000
- 2001-2400
- 2401-2800
- 2801-3200
- 3201-3600
- 3601-4000
- 4001-4400
- 4401-4800
- 4801-5200
- 5201-5600
- 5601-6000
- 6001-6400
- 6401-6800
- 6801-7200
- 7201-7600
- 7601-8000
- 8001-8400
- 8401-8800
- 8801-9200
- 9201-9600
- 9601-10000
- 10001-10400
- 10401-10800
- 10801-11200
- 11201-11600
- 11601-12000
- 12001-12400
- 12401-12800
- 12801-13200
- 13201-13600
- 13601-14000
- 14001-14400
- 14401-14800
- 14801-15200
- 15201-15600
- 15601-16000
- 16001-16400
- 16401-16800
- 16801-17200
- 17201-17600
- 17601-18000
- 18001-18400
- 18401-18800
- 18801-19200
- 19201-19600
- 19601-20000
- 20001-20400
- 20401-20800
- 20801-21200
- 21201-21600
- 21601-22000
- 22001-22400
- 22401-22800
- 22801-23200
- 23201-23600
- 23601-24000
- 24001-24400
- 24401-24800
- 24801-25200
- 25201-25600
- 25601-26000
- 26001-26400
- 26401-26800
- 26801-27200
- 27201-27600
- 27601-28000
- 28001-28400
- 28401-28800
- 28801-29200
- 29201-29600
- 29601-30000
- 30001-30400
- 30401-30800
- 30801-31200
- 31201-31600
- 31601-32000
- 32001-32400
- 32401-32800
- 32801-33200
- 33201-33600
- 33601-34000
- 34001-34400
- 34401-34800
- 34801-35200
- 35201-35600
- 35601-36000
- 36001-36400
- 36401-36800
- 36801-37200
- 37201-37600
- 37601-38000
- 38001-38400
- 38401-38800
- 38801-39200
- 39201-39600
- 39601-40000
- 40001-40400
- 40401-40800
- 40801-41200
- 41201-41600
- 41601-42000
- 42001-42400
- 42401-42800
- 42801-43200
- 43201-43600
- 43601-44000
- 44001-44400
- 44401-44800
- 44801-45200
- 45201-45600
- 45601-46000
- 46001-46400
- 46401-46800
- 46801-47200
- 47201-47600
- 47601-48000
- 48001-48400
- 48401-48800
- 48801-49200
- 49201-49600
- 49601-50000
- 50001-50400
- 50401-50800
- 50801-51200
- 51201-51600
- 51601-52000
- 52001-52400
- 52401-52800
- 52801-53200
- 53201-53600
- 53601-54000
- 54001-54400
- 54401-54800
- 54801-55200
- 55201-55600
- 55601-56000
- 56001-56400
- 56401-56800
- 56801-57200
- 57201-57600
- 57601-58000
- 58001-58400
- 58401-58800
- 58801-59200
- 59201-59600
- 59601-60000
- 60001-60400
- 60401-60800
- 60801-61200
- 61201-61600
- 61601-62000
- 62001-62400
- 62401-62800
- 62801-63200
- 63201-63600
- 63601-64000
- 64001-64400
- 64401-64800
- 64801-65200
- 65201-65600
- 65601-66000
- 66001-66400
- 66401-66800
- 66801-67200
- 67201-67600
- 67601-68000
- 68001-68400
- 68401-68800
- 68801-69200
- 69201-69600
- 69601-70000
- 70001-70400
- 70401-70800
- 70801-71200
- 71201-71600
- 71601-72000
- 72001-72400
- 72401-72800
- 72801-73200
- 73201-73600
- 73601-74000
- 74001-74400
- 74401-74800
- 74801-75200
- 75201-75600
- 75601-76000
- 76001-76400
- 76401-76800
- 76801-77200
- 77201-77600
- 77601-78000
- 78001-78400
- 78401-78800
- 78801-79200
- 79201-79600
- 79601-80000
- 80001-80400
- 80401-80800
- 80801-81200
- 81201-81600
- 81601-82000
- 82001-82400
- 82401-82800
- 82801-83200
- 83201-83600
- 83601-84000
- 84001-84400
- 84401-84800
- 84801-85200
- 85201-85600
- 85601-86000
- 86001-86400
- 86401-86800
- 86801-87200
- 87201-87600
- 87601-88000
- 88001-88400
- 88401-88800
- 88801-89200
- 89201-89600
- 89601-90000
- 90001-90400
- 90401-90800
- 90801-91200
- 91201-91600
- 91601-92000
- 92001-92400
- 92401-92800
- 92801-93200
- 93201-93600
- 93601-94000
- 94001-94400
- 94401-94800
- 94801-95

Como se puede observar en el Mapa, los rangos más bajos de temperatura (6 a 8 °C) se presentan al noroeste de la parroquia en las zonas montañosas. Las temperaturas más altas (14 a 16 °C) se experimentan hacia el sureste, en las comunidades Yanaturo y parte de las comunidades Corazón de Jesús, Pumayunga, María Auxiliadora, Chictarrumi, que experimentan también temperaturas promedio entre 12 y 14 °C.

16

Las comunidades cuyo rango de temperatura promedio se sitúa entre 10 y 12 °C son: Los Andes, El Salado, Guluay, San Luis de las Lajas, Sigcho, 24 de mayo, Cochas, Santa Isabel, y parte de las comunidades Pan de Azúcar, Playas del Carmen, El Chorro, Cruz Calle, Alisos-La Dolorosa.

1.3.2 Precipitación

- **Pluviosidad media anual**

Según los datos otorgados por el Municipio de Cuenca en cuanto a la parroquia Sinincay, las zonas altas y boscosas ubicadas hacia el noroeste del territorio en las estribaciones del cerro Cabogana, reciben mayor cantidad de precipitaciones, con rangos medios anuales que fluctúan entre los 1250 a 1300 mm. A medida que se desciende, los rangos disminuyen su valor hasta llegar a la zona sureste de la parroquia en donde el rango promedio anual está entre los 950 y 1000 mm. En referencia al total del territorio parroquial, la altura pluviométrica máxima alcanza los 1650 mm, mientras que la mínima llega a los 600 mm.

La figura 3 presenta la pluviosidad media anual.

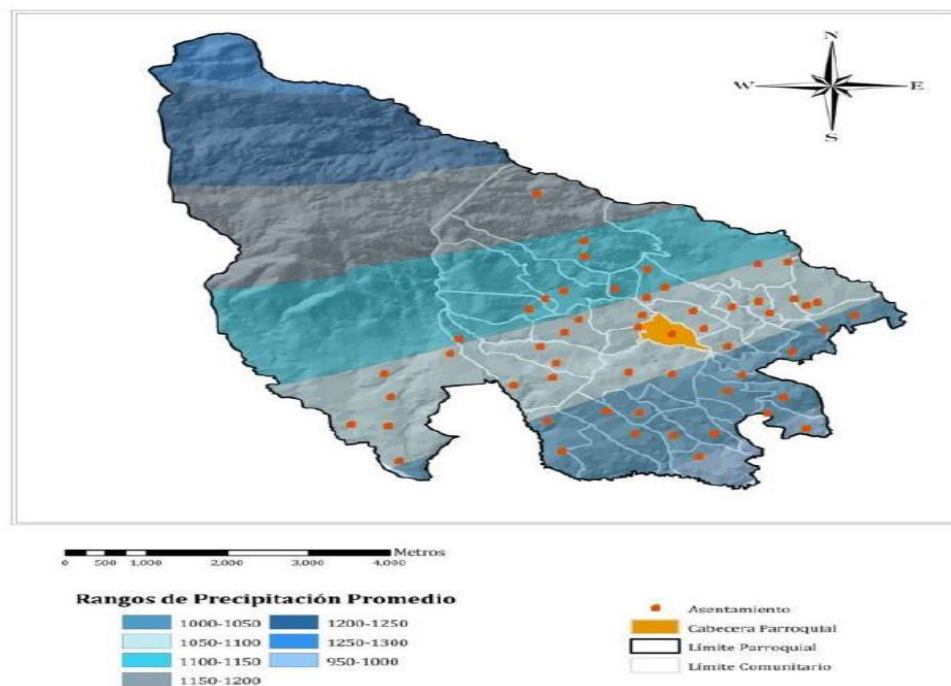


Figura 3. Pluviosidad media anual (Fuente: Etapa)

- **Pluviosidad media mensual**

El Mapa de isoyetas ha sido generado en base de la información de las 12 estaciones hidrometereológicas de ETAPA con observaciones en un período de 12 años. También se genera información de precipitación mensual para la parroquia que evidencia un régimen bimodal. Se determina así que los meses de mayor pluviosidad son marzo, abril y mayo, con máximas en abril, mientras que los meses en donde se registran las menores precipitaciones son julio, agosto y septiembre.

La figura 4 presenta la pluviosidad media mensual.

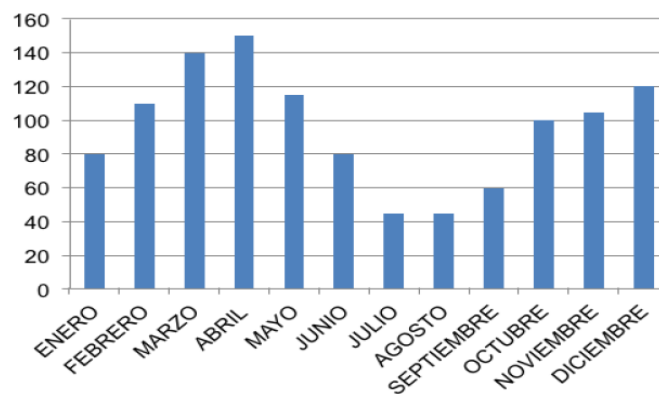


Figura 4. Pluviosidad media mensual (Fuente: Estaciones meteorológicas Etapa)

1.4 Objetivos y alcances

1.4.1 Objetivo general

Realizar el diseño geométrico y de pavimentos de las vías de estudio el Salado – la Dolorosa y Pampa de Rosas – Perlas Pamba.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento topográfico
- Realizar el diseño horizontal y vertical
- Realizar el diseño de pavimentos
- Realizar el presupuesto
- Ubicar la señalización en las vías

1.4.3 Alcance

- Levantamiento topográfico de la franja de proyecto.
- Estudio de Tránsito el cual se encarga de estimar los volúmenes de tránsito esperados en el momento de dar servicio la vía y su comportamiento a lo largo de la vida útil de esta. Tiene dos finalidades: la rentabilidad de la vía y el diseño de pavimentos.
- Climatología: Esta nos ayuda a determinar las épocas del año donde existe mayor cantidad de lluvia.
- Diseño geométrico: Se encarga de determinar las características geométricas de una vía a partir de factores como el tránsito, topografía, velocidades, de modo que se pueda circular de una manera cómoda y segura.
- Estudio de Suelos y diseño de Pavimentos: Se debe tener el correspondiente estudio de suelos con el fin de diseñar la estructura más adecuada de acuerdo con la capacidad

de soporte del suelo donde se va a construir, dependiendo del tránsito esperado y su correspondiente composición.

- Presupuesto: El presupuesto será el costo estimado de los trabajos de mejora de nuestro proyecto.

Capítulo II: Estudios preliminares y consideraciones de diseño

2.1 Estudio topográfico

El levantamiento topográfico da las características físicas del terreno tales como ríos, bosques, caminos, terrenos, viviendas también ayuda a determinar las pendientes y a definir las condiciones sobre las cuales se va a realizar el proyecto.

2.1.2 Levantamiento de detalle

Para este punto se realizó el levantamiento de una franja de 30 metros a cada lado del eje de la vía existente dando un área total de 169797.16 m² en la cual permite identificar viviendas, terrenos, ríos u otros factores que impidan o restrinjan el diseño.

Para la Georreferenciación de las estaciones iniciales de la vía se utilizó un GPS Marca Garmin map 64s, la red básica de topografía está constituida por 46 estaciones y 10 BM, a partir de los cuales se enlazaron el resto de vértices secundarios para levantamiento del eje como de las laterales de la vía existente para ello se utilizó la Estación Total Marca SOKKIA FX-105.

Tabla 2

Cuadro de estaciones

ESTACIONES			
ID	NORTE	ESTE	COTA
EST 1	9686092	721481	2725
EST 2	9685981.936	721392.618	2726.656
EST 3	9685913.311	721378.112	2729.114
EST 4	9685759.414	721307.92	2721.524
EST 5	9685707.5	721292.037	2710.407
EST 6	9685649.332	721270.439	2702.375

EST 7	9685568.449	721294.281	2693.32
EST 8	9685552.118	721332.137	2690.723
EST 9	9685485.358	721319.322	2695.588
EST 10	9685480.42	721274.213	2701.924
EST 11	9685411.372	721286.649	2705.604
EST 12	9685339.209	721256.879	2704.477
EST 13	9685169.685	721151.778	2693.253
EST 14	9685020.706	721034.373	2691.989
EST 15	9684932.313	721137.79	2690.827
EST 16	9684891.537	721199.119	2690.539
EST 17	9684834.836	721241.297	2689.003
EST 18	9684772.65	721292.386	2685.568
EST 19	9684628.744	721364.1	2674.019
EST 20	9684524.661	721422.044	2662.876
EST 21	9684454.58	721501.275	2661.4
EST 22	9684439.681	721505.471	2661.793
EST 23	9684378.368	721470.953	2660.319
EST 24	9684313.097	721467.122	2653.322
EST 25	9684226.194	721491.688	2645.769
EST 26	9684186.566	721492.332	2644.826
EST 27	9684076.076	721538.909	2637.21
EST 28	9685946.491	721360.734	2729.908
EST 29	9685989.176	721266.935	2730.987
EST 30	9685984.786	721222.238	2732.951
EST 31	9685988.039	721107.341	2746.282
EST 32	9686056.97	721059.727	2746.268
EST 33	9686123.954	721032.814	2747.4

EST 34	9686188.605	720928.214	2757.827
EST 35	9686185.163	720886.533	2757.705
EST 36	9686032.272	720844.991	2743.854
EST 37	9686015.491	720749.188	2742.918
EST 38	9685963.382	720724.359	2737.359
EST 39	9685885.432	720678.451	2736.525
EST 40	9685831.85	720661.406	2740.065
EST 41	9685795.135	720702.262	2737.569
EST 42	9685630.713	720630.276	2731.118
EST 43	9685538.05	720665.548	2727.454
EST 44	9685399.849	720667.416	2721.309
EST 45	9685344.628	720683.007	2721.123
EST 46	9685281.003	720629.277	2710.997

Fuente: Elaboración propia

Las fotografías 4,5,6,7,8 y 9 presentan el levantamiento de las vías y las referencias.



Fotografía 4 (Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 5 (Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 6 (Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 7 (Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 8 (Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 9 (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 3

Cuadro de BM

CUADRO DE BM			
ID	NORTE	ESTE	COTA
RFH1	9,686,095,901	721,492,473	2,727,100
RFH2	9,686,089,625	721,476,430	2,725,927
RFH3	9,685,927,017	721,386,344	2,730,839
RFH4	9,685,969,790	721,389,094	2,729,121
RFH5	9,684,102,074	721,519,834	2,635,411
RFH6	9,684,106,813	721,526,528	2,635,404
RFH7	9,685,006,435	721,040,633	2,692,854
RFH8	9,684,998,157	721,020,635	2,693,033
RFH9	9,685,263,545	720,629,935	2,709,658
RFH10	9,685,269,742	720,635,911	2,709,822

Fuente: Elaboración propia

2.2 Aplicación de software

Una vez concluido el levantamiento de la franja de proyecto la estación total permitirá descargar todos los puntos obtenidos en el proceso.

Con la obtención de los puntos se procederá a cargar al software AutoCAD Civil 3D el cual permitirá visualizar el terreno, posteriormente se procederá con el dibujo de planimetría en 2D de todos los factores que interviene como las casas, puentes, alcantarillas, postes, etc.

Una vez concluido con el dibujo en 2D se procederá a realizar la altimetría en 3D donde se realizará la triangulación de los puntos donde posteriormente se obtendrá las curvas de nivel que permitirá observar los desniveles del terreno que cuenta con pendientes entre el 5% y 15% siendo un terreno ondulado.

2.2.1 Planimetría

La planimetría es la proyección del terreno sobre un plano horizontal, con el objetivo de determinar las dimensiones de un terreno sin importar su elevación.

La figura 5 presenta el dibujo horizontal de las vías.

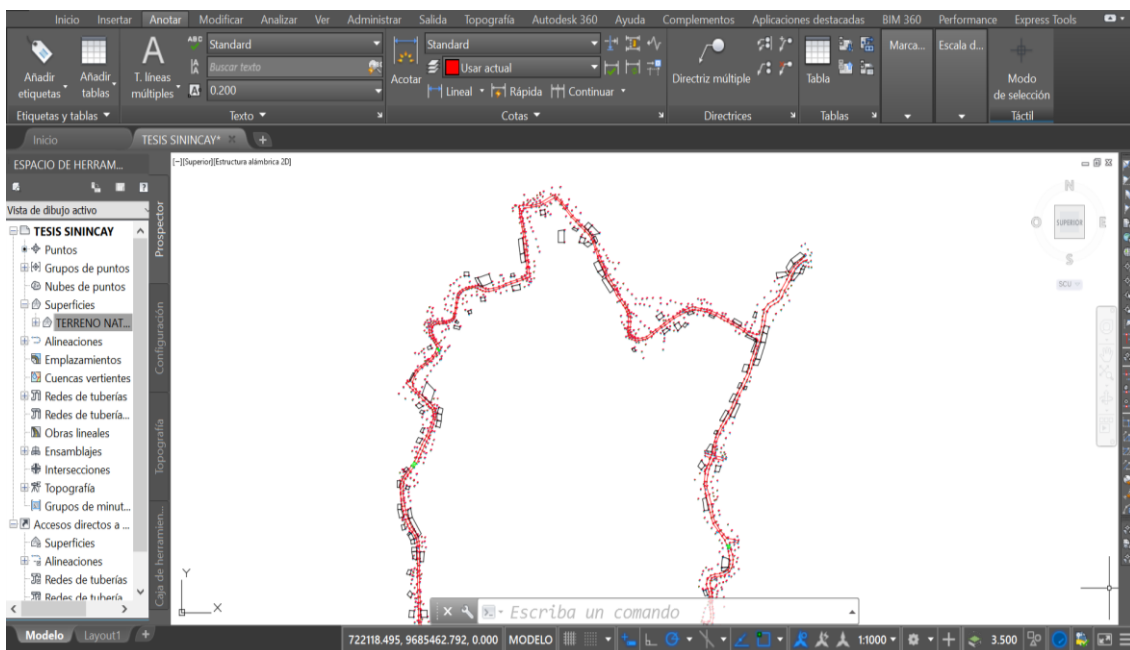


Figura 5. Dibujo horizontal (Fuente: Elaboración propia)

2.2.2 Altimetría

La altimetría es la encargada de analizar las diferentes cotas o elevaciones entre los diferentes puntos de un terreno las cuales representan distancia verticales medida a partir de un plano horizontal de referencia, el resultado de esto nos muestra una representación vertical.

La figura 6 presenta el perfil del terreno.

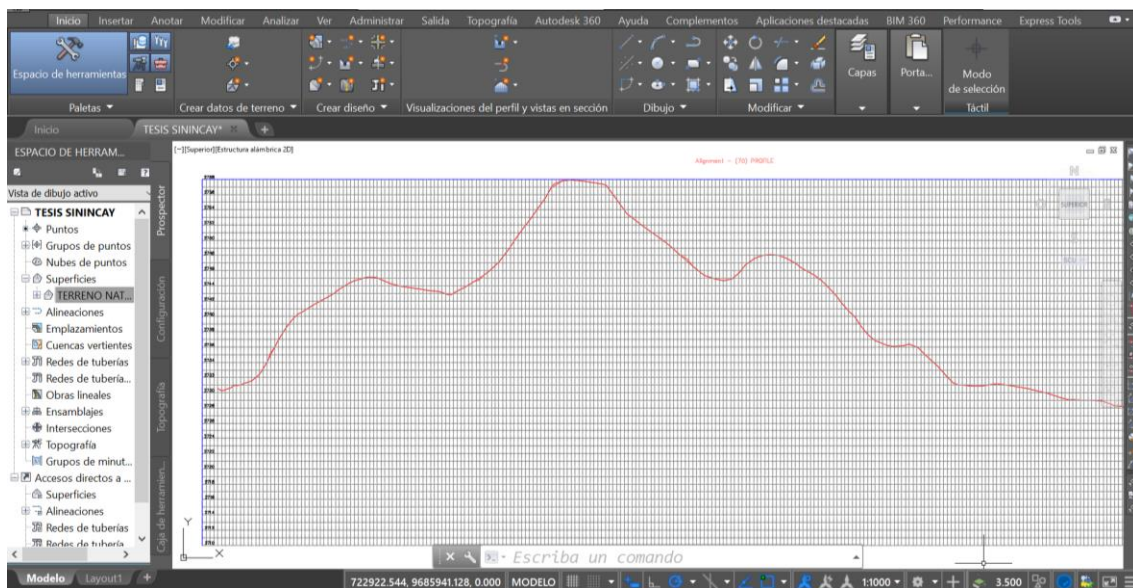


Figura 6. Perfil vertical (Fuente: Elaboración propia)

2.3 Conteo Vehicular (TPDA)

Para determinar el TPDA (tráfico promedio diario anual) se realizará el conteo vehicular cuatro días de la semana, de 07:00 a 19:00, los días martes, jueves, sábado y domingo en la intersección Pampa de Rosas y Perlas Pamba, realizando el mismo trabajo los mismos días en la intersección La Dolorosa y el Salado.

Se realizará solo cuatro días ya que hay poco flujo vehicular.

2.3.1 Composición y volumen de tráfico

Las figuras 7,8,9,10,11 y 12 indican los resultados obtenidos en los conteos que se realizaron en las respectivas vías.

VIA EL SALADO - PAMPA DE ROSAS

PAMPA DE ROSAS		TO	Fh	Fd	Fs	Fm	TPDA	TPDA 20 AÑOS
AUTOS		392	1	0,901	0,984	1,018	354	611
CAMIONETAS		514	1	0,915	0,984	1,018	471	813
CAMION 2 EJES PEQUEÑO		18	1	0,900	0,984	1,018	16	25
CAMION 2 EJES GRANDE		3	1	1,000	0,984	1,018	3	5

Figura 7. Tráfico existente y proyectado (Fuente: Elaboración propia)

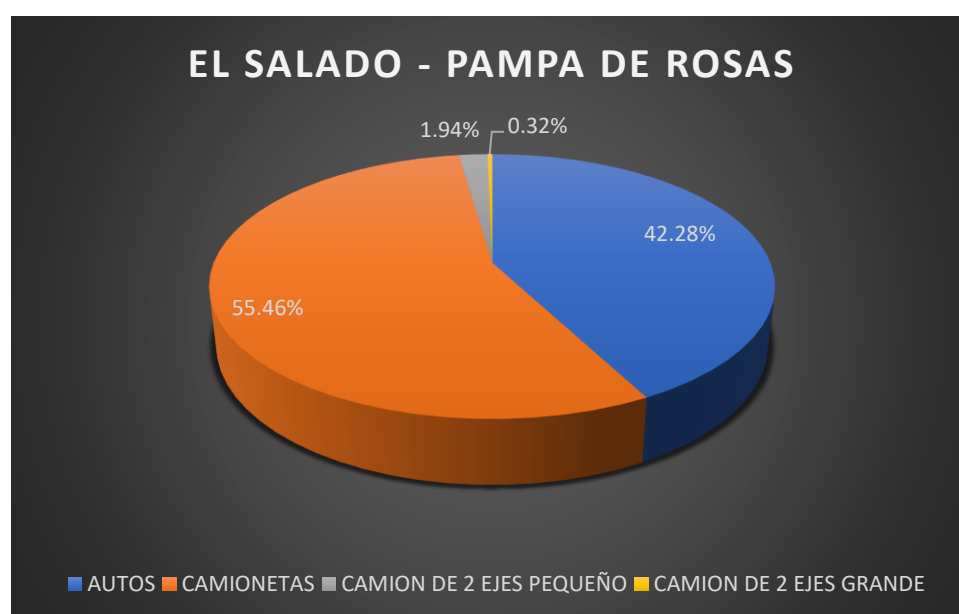


Figura 8. Porcentaje de tráfico existente vía El Salado - Pampa de Rosas (Fuente: Elaboración propia)

VIA LA DOLOROSA – EL SALADO

LA DOLOROSA		TO	Fh	Fd	Fs	Fm	TPDA	TPDA 20 AÑOS
AUTOS		55	1	0,932	0,984	1,018	51	88
CAMIONETAS		71	1	0,947	0,984	1,018	67	116
CAMION 2 EJES PEQUEÑO		1	1	1,000	0,984	1,018	1	2
CAMION 2 EJES GRANDE		2	1	1,000	0,984	1,018	2	3

Figura 9. Tráfico existente y proyectado (Fuente: Elaboración propia)

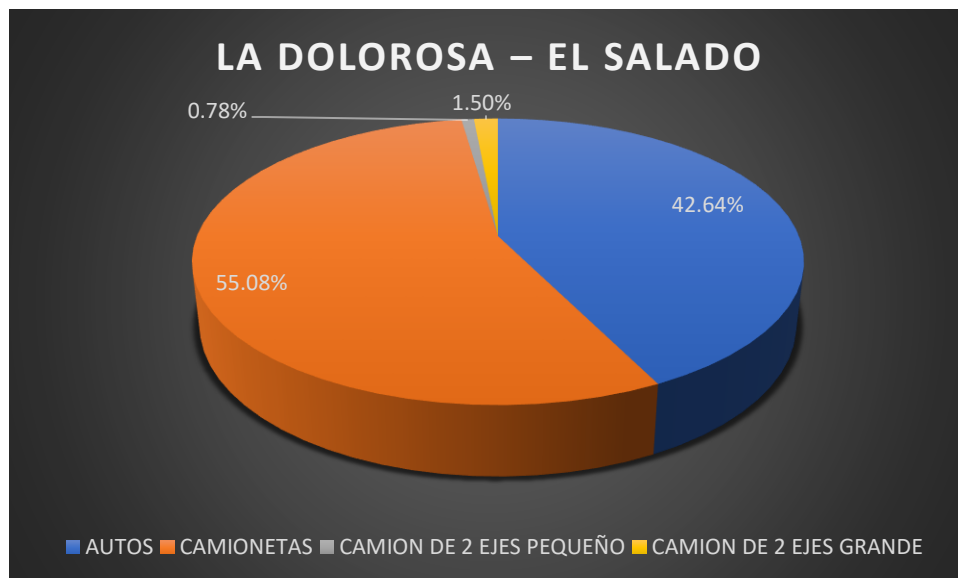


Figura 10. Porcentaje de tráfico existente vía La Dolorosa – El Salado (Fuente: Elaboración propia)

VIA PAMPA DE ROSAS - PERLAS PAMBA

PERLAS PAMBA		TO	Fh	Fd	Fs	Fm	TPDA	TPDA 20 AÑOS
AUTOS		9	1	1	0,984	1,018	9	16
CAMIONETAS		5	1	1	0,984	1,018	5	9
CAMION 2 EJES PEQUEÑO		4	1	1	0,984	1,018	4	6
CAMION 2 EJES GRANDE		2	1	1	0,984	1,018	2	3

Figura 11. Tráfico existente y proyectado (Fuente: Elaboración propia)

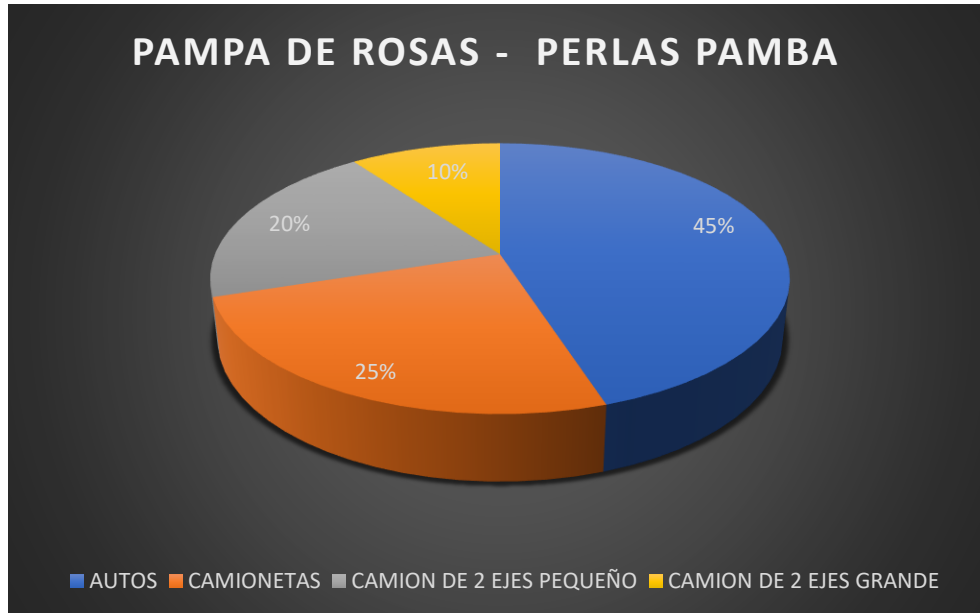


Figura 12. Porcentaje de tráfico existente vía Pampa de Rosas - Perlas Pamba (Fuente: Elaboración propia)

El TPDA se determinará de acuerdo con la ecuación:

$$\text{TPDA} = \text{TO} * \text{Fh} * \text{Fd} * \text{Fs} * \text{Fm} \quad (1)$$

Donde:

TO es el promedio del conteo realizado de cada tipo de vehículo de los días martes, jueves, sábado y domingo.

Factor horario (Fh): El número de vehículos de 24 horas dividido para el número vehículos de 12 horas, pero dada la jerarquía de las vías no hicimos conteo vehicular nocturno, utilizamos solo el conteo de 12 horas.

Factor diario (Fd): Promedio de vehículos 7 días dividido para el transito diario, utilizando el mismo criterio del factor horario.

Factor semanal (Fs): Los días que conforman el mes de estudio dividido para el promedio de los días de los 12 meses.

Tabla 4

Días calendario de cada mes

Mes	Días
enero	31
febrero	29
marzo	31
abril	30
mayo	31
junio	30
julio	31
agosto	31
septiembre	30
octubre	31
noviembre	30
diciembre	31

Fuente: Elaboración propia

Factor mensual (Fm): Consumo mensual de combustible del mes de estudio dividido para el promedio de consumo de combustible de los doce meses.

Tabla 5

Cuadro de consumo de combustibles

Mes	Diesel	Extra	Super	Total
Enero	5202947	5747338	949344	11899629
Febrero	4682076	5326944	883148	10892168
Marzo	5357885	5852490	899806	12110181
Abril	5211450	5825100	893100	11929650
Mayo	5218416	5877910	893575	11989901
Junio	5219490	5871420	822600	11913510
Julio	5599189	5988073	930868	12518130
Agosto	5304049	5800193	950181	12054423
Septiembre	5753310	5877450	888480	12519240
Octubre	5900974	6214601	902906	13018481
Noviembre	5204310	5706660	785130	11696100
Diciembre	5545683	6500018	913260	12958961

Fuente: Petroecuador

2.3.2 Periodo de diseño

Según la Norma Ecuatoriana la vida útil de una vía oscila entre 10 a 30 años, esto dependiendo de las variaciones del tránsito, variación del clima etc.

Para las vías se utilizará una vida útil de 20 años desde el 2017, el TPDA proyectado viene dado por la siguiente ecuación:

$$TPDA \text{ proyectado} = (1 + i)^n \quad (2)$$

De donde:

I: Tasa de crecimiento.

n: Años de proyección.

Tabla 6

Tasa de crecimiento vehicular

PERIODO	MTOP		
	LIV	BUS	CA
2016-2020	3,91	1,50	3,08
2021-2025	3,42	1,35	2,78
2026-2030	3,02	1,23	2,52
2031-2035	2,77	1,13	2,29

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. MOP 2003

Para clasificar las vías, se tomará en cuenta la Jerarquía de la vía, tabla de la NEVI 12, clasificación de la vía según el TPDA proyectado y nuestro criterio, ya que al realizar la topografía y el conteo vehicular observamos que no existe mucha afluencia vehicular.

Las vías Pampa de Rosas, Perlas Pamba y El Salado son vías de clase C3.

Tabla 7

Clasificación funcional de las vías en base al TPDA

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

Fuente: Norma ecuatoriana de vialidad NEVI 12

Capítulo III: Diseño Geométrico

3.1 Revisión de normas existentes de diseño

Se utilizará las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras – 2003, adoptadas por el MTOP, Manual de Diseño MTOP-001-E y la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP.

3.2 Parámetros de diseño geométrico

Para el diseño geométrico se tomará en cuenta el alineamiento actual, tratando de mejorar el proyecto, esto es radios de curva, sobre anchos, peraltes y entre tangencias adecuadas.

3.3 Alineamiento Horizontal

El alineamiento horizontal es la proyección del eje real sobre el plano horizontal, el cual consta de tramos rectos llamados tangentes enlazados por curvas.

Según la velocidad de diseño, la longitud de la tangente mínima es 42m, en ciertos tramos del proyecto no se cumple las entre tangencias, debido a ciertos factores como viviendas, puentes y pendientes.

La fotografía 10 presenta la tangente mínima, ubicada en la vía La Dolorosa – El Salado en la abscisa 0+140.



Fotografía 10. Curvas horizontales, tangente mínima (Fuente: Elaboración propia)

En el proyecto la longitud de tangente máxima es de 210 m donde cumple la distancia de visibilidad de adelantamiento.

La fotografía 11 presenta la tangente máxima, ubicada en la vía El Salado – Pampa de Rosas en la abscisa 1+040.



Fotografía 11. Tangente máxima (Fuente: Elaboración propia)

3.3.1 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es la velocidad máxima de circulación de un vehículo.

Tabla 8

Cuadro de velocidades de diseño

Clase de carretera	TPDA Esperado	Velocidad de diseño Km/h		
		Llano	Ondulado	Montañoso
IV.1 y IV.2	>8000	95	95	80
V.1	3000 - 8000	90	90	60
V.2	1000 - 3000	85	80	50
V.3	300 - 1000	80	60	40
V.4	100 - 300	60	35	25
V.5	<100	50	35	25

Fuente: Ministerio de obras públicas del Ecuador. MOP 2003

En la abscisa 0+430 de la vía Pampa de Rosas – Perlas Pamba atraviesa un canal de riego el cual dificultará el mejoramiento de las pendientes, además de ser una zona poblada, cuenta con dos escuelas, las cuales se sitúan en las abscisas 0+000 y 1+260 de la misma vía, tomando en cuenta estos aspectos, el TPDA de la zona y la tabla de velocidades de diseño del MTOP se asumirá una velocidad de diseño de 30 km/h.

Las fotografías 12 y 13 presentan el canal y la escuela.



Fotografía 12. Canal de riego

(Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 13. Escuela (Fuente: Elaboración propia)

3.3.2 Distancia de visibilidad de parada

Es la distancia que tiene un vehículo para frenar ante un obstáculo en la vía, es de mucha importancia en el proyecto porque tiene curvas horizontales y verticales muy pronunciadas que impedirán la visualización del conductor y podrá reducir la capacidad de reacción, es una zona agrícola, ganadera y además posee dos escuelas en su trayecto aumentando así las probabilidades de obstáculos en la vía.

La fotografía 14 presenta una curva vertical en la abscisa 0+700 y la fotografía 15 presenta una curva vertical en la abscisa 0+820 ambas en la vía La Dolorosa – El Salado.



Fotografía 14. Curva vertical
(Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 15. Curva vertical
(Fuente: Elaboración propia)

La distancia de visibilidad de parada consta de dos componentes la distancia de percepción y la reacción del conductor denominada D1 y la distancia de frenado denominada D2.

Para la distancia de D1 se toma en cuenta dos factores que son la velocidad y el tiempo de percepción del conductor según la ecuación de la Norma NEVI 2012.

$$D1 = 0.278 * v * t \quad (3)$$

Donde

D1= distancia de reacción del conductor

v = velocidad de diseño

t = tiempo de percepción del conductor

Se han realizado varias pruebas para determinar que el tiempo de reaccion de los conductores varía desde 0.6 segundos hasta 2 segundos para situaciones inesperadas se incrementa un 35% por lo tanto el factor t se considera 2.5 segundos, por lo tanto la distancia D1 con una velocidad de 30km/h y el tiempo de 2.5s nos da una distancia de reaccion del conductor 20.85 m

Para la distancia D2 se toma en consideracion la velocidad y el coeficiente de friccion entre las llantas y la superficie de rodamiento.

$$D2 = \frac{v^2}{254 * f} \quad (4)$$

Donde

D2= distancia de frenado

v = velocidad de diseño

f = coeficiente de fricción

Tabla 9

Cuadro distancia de visibilidad de parada

Velocidad de Diseño	Velocidad de Marcha	Tiempo de Percepción y Reacción		Coeficiente de Fricción	Distancia de Frenado	Distancia de Parada
Km/h	Km/h	Tiempo (s)	Distancia (m)	f	(m)	(m)
30	30 - 30	2.5	20.8 - 20.8	0.40	8.8 - 8.8	30 - 30
40	40 - 40	2.5	27.8 - 27.8	0.38	16.6 - 16.6	45 - 45
50	47 - 50	2.5	32.6 - 34.7	0.35	24.8 - 28.1	57 - 63
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33	36.1 - 42.9	74 - 85
70	67 - 70	2.5	43.8 - 48.6	0.31	50.4 - 62.2	94 - 111
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.6	0.30	64.2 - 83.9	113 - 139
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.4	0.30	77.7 - 106.2	131 - 169
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29	98.0 - 135.6	157 - 205
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28	116.3 - 170.0	180 - 246

Fuente: Norma ecuatoriana de vialidad NEVI 2012

Utilizando la formula y la tabla de la nevi 2012 se asumirá una distancia de frenado de 8.8m y la distancia de parada de 30m.

3.3.3 Curvas Horizontales

Las curvas horizontales son arcos circulares o espirales que se utilizan para conectar dos tangentes que se cortan en un punto denominado PI.

La fotografía 16 presenta curvas horizontales en la vía El Salado – Pampa de Rosas.



Fotografía 16. Curvas horizontales (Fuente: Elaboración propia)

Al proyectar una tangente sobre otra se forma un ángulo exterior llamado ángulo de deflexión el cual no sirve para calcular los elementos de la curva (Δ).

La fotografía 17 presenta la forma como se produce un ángulo de deflexión, en la vía El Salado – Pampa de Rosas en la abscisa 0+710.



Fotografía 17. Angulo de deflexión Δ (Fuente: Elaboración propia)

Las vías de estudio actualmente poseen curvas con radios pequeños que dificultan la circulación de los vehículos, además hay tramos en las vías comprendidas entre las abscisas 0+180 hasta 0+400 (El Salado-Pampa de Rosas), 1+360 hasta 1+520 (La Dolorosa-El Salado) que tienen secciones muy angostas ocasionadas por las viviendas existentes.

3.3.3.1 Curvas simples

Son arcos de circunferencia de un solo radio que empalman dos tangentes, los elementos principales de las curvas simples son.

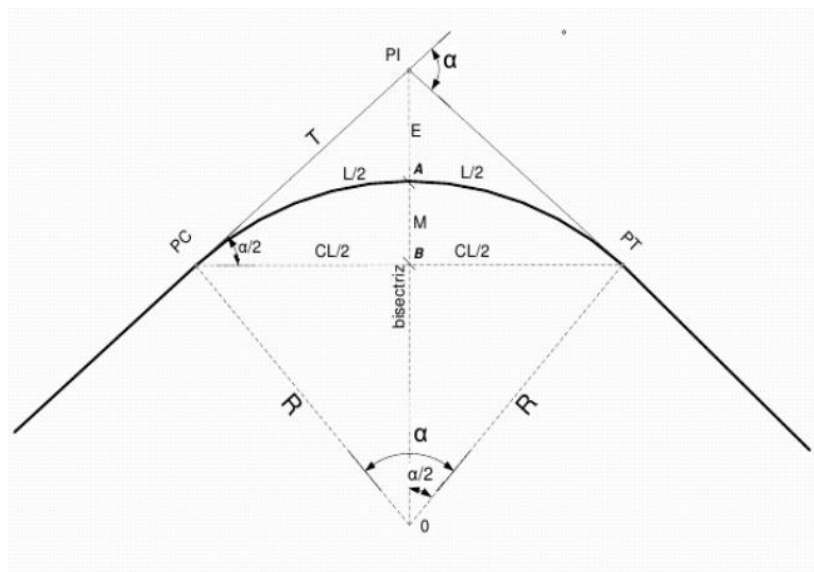


Figura 13. Partes de una curva simple (Fuente: Elaboración propia)

Donde:

PI = Punto de intersección de las tangentes, o vértice de la curva

PC= Principio de la curva (punto termina tangente de entrada).

PT= Principio de tangente (punto termina curva).

Δ, α = Angulo de deflexión de las tangentes.

R = Radio de la curva.

T = Tangente (distancia PI-PC; PI-PT)

L = Longitud de la curva circular (arco circular)

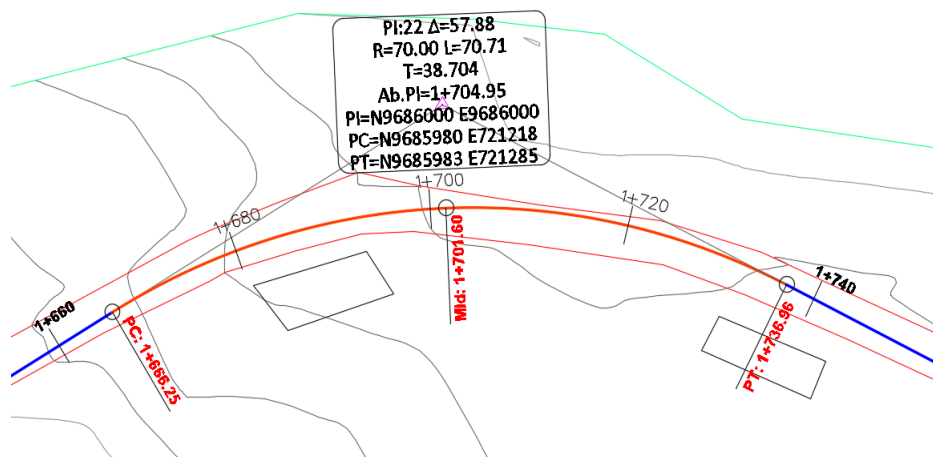


Figura 14. Datos de curva (Fuente: Elaboración propia)

3.3.3.4 Peralte

El peralte es la inclinación transversal en una curva que contrarresta la fuerza centrífuga la cual evita que el vehículo se salga de la vía.

Para las características del terreno la Norma NEVI 2012 nos propone un porcentaje de sobreelevación según la zona de estudio.

Tabla 10

Tasa de sobreelevación (peralte)

Tasa de sobreelevación e (%)	Tipo de Área
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: Norma ecuatoriana de vialidad NEVI 2012

Para el diseño de las vías se asume un peralte del 10%

3.3.3.5 Coeficiente de fricción lateral

Es la fuerza que impide el desplazamiento lateral de los neumáticos de un vehículo cuando éste toma una curva, se calcula mediante la fórmula de la Norma NEVI 2012.

$$e = \frac{V^2}{127R} - f \quad (5)$$

Donde

e = peralte

V = velocidad de diseño

R = radio redondeado

F = coeficiente de fricción

Dentro de este factor se considera la textura del pavimento el cual está en contacto con los neumáticos la Normas AASHTO 2011 nos proponen la siguiente tabla tomando en consideración la velocidad de diseño y las características del terreno.

Tabla 11

Tabla de coeficiente de fricción

Velocidad de diseño (km/h)	Máximo peralte e (%)	Valores límite de f	Total (e/100 + f)	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
30	4	0.17	0.21	33.70	35.00
30	6	0.17	0.23	30.80	30.00
30	8	0.17	0.25	28.30	30.00
30	10	0.17	0.27	26.20	25.00
30	12	0.17	0.29	24.40	25.00

Fuente: Norma ASSTHO

Tomando en consideración la velocidad de diseño y el peralte se asume un coeficiente de fricción de 0.17

3.3.3.6 Radios de curvatura

El radio mínimo de una curva es el arco que permite un desplazamiento adecuado y seguro del vehículo este valor depende de los peraltes y el coeficiente de fricción de las ruedas del vehículo y la calzada. Las fotografías 18 y 19 presentan curvas sin sobre anchos.



Fotografía 18. Curvas horizontales
(Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 19. Curvas horizontales
(Fuente: Elaboración propia)

En las vías de estudio, en la mayoría de curvas no existen sobreanchos y tienen radios pequeños que dificultan la circulación de los vehículos.

Para la determinación del radio de curvatura se tiene la siguiente ecuación y la tabla de la norma NEVI 2012.

$$R = \frac{V^2}{127(e+f)} \quad (6)$$

Donde:

R = radio de curvatura

V = velocidad de diseño

f = coeficiente de fricción

e = peralte máximo

Tabla 12

Radio mínimo recomendado

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Maxima	Peralte maximo 6%		Peralte maximo 10%	
		Radio		Radio	
		Calculado	Recomendado	Calculado	Recomendado
30	0.17	30.8	30	26.2	25
40	0.17	54.8	55	46.7	45
50	0.16	89.5	90	75.7	75
60	0.15	135.0	135	113.4	115
70	0.14	192.9	195	160.8	160
80	0.14	252.0	250	210.0	210
90	0.13	335.7	335	277.3	275
100	0.12	437.4	435	357.9	360
110	0.11	560.4	560	453.7	455
120	0.09	755.9	775	596.8	595

Fuente: Norma ecuatoriana de vialidad NEVI 2012

Con los datos $v = 30$ km/h factor de fricción = 0.17 y el peralte máximo del 10% se tendrá un radio mínimo recomendado de 25 m.

3.3.3.7 Bombeo

El bombeo es aquella inclinación de la calzada la cual permitirá evacuar el agua lluvia desde el eje de la vía hacia los costados de la misma.

Según los datos de pluviosidad otorgados por el GAD de la parroquia de Sinincay esta zona recibe unos rangos de precipitaciones medios anuales máximos de 1250 a 1300 mm, en consideración a este factor y la Norma Ecuatoriana, se asumirá un bombeo del 2 %.

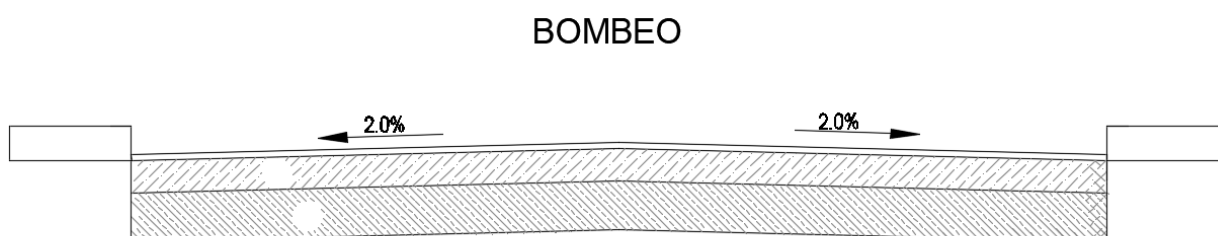


Figura 15. Bombeo (Fuente: Elaboración propia)

3.3.3.8 Sobre anchos

Los sobre anchos son incrementos de calzada que se ubican en las curvas horizontales para mantener las condiciones de seguridad, cuando un vehículo toma una curva sus neumáticos posteriores no realizan el mismo movimiento que los delanteros y necesita más espacio para realizar un giro correcto.

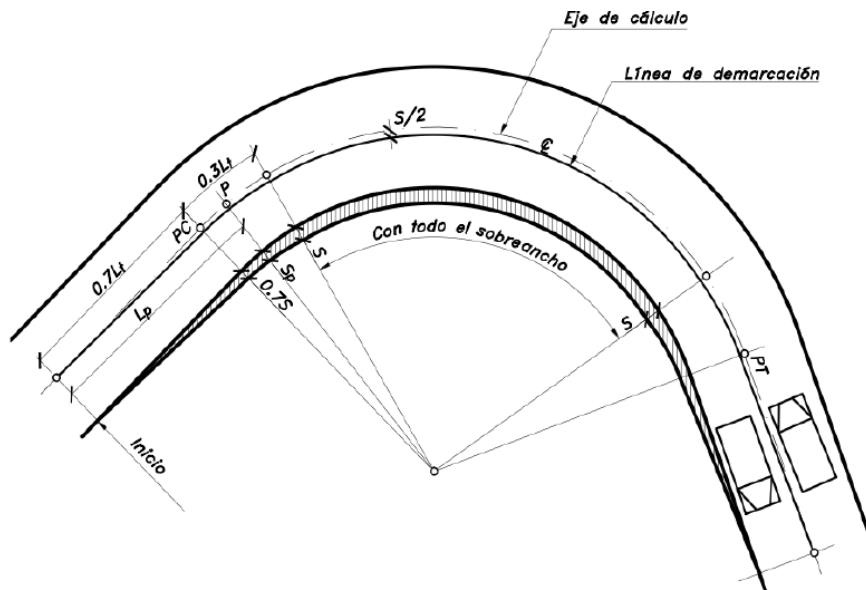


Figura 16. Sobre ancho (Fuente: Cárdenas G. James 2010.)

Según el Diseño Geométrico de Carreteras de Cárdenas Grisales nos propone la siguiente ecuación para una vía de dos carriles.

$$S = 2(R - \sqrt{R^2 - L^2}) \quad (7)$$

Donde:

S= sobre ancho

R= radio de curvatura

L= longitud de vehículo desde la punta hasta el eje posterior

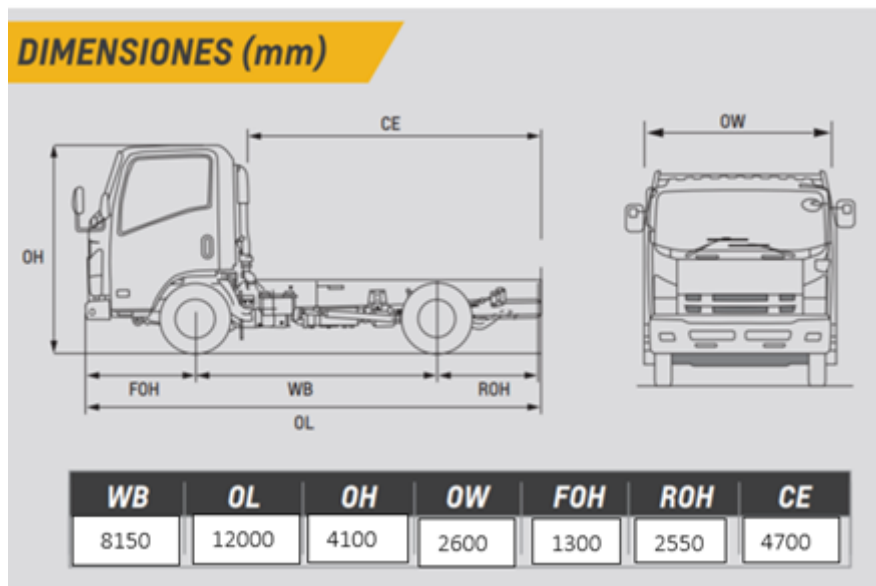


Figura 17. Dimensiones de vehículo (Fuente: Elaboración propia)

Según los datos del proyecto se utilizará un radio de 25 m y tomando la longitud del vehículo más desfavorable de 9.45 m obtenemos el siguiente sobre ancho.

$$S = 2 \left(25 - \sqrt{25^2 - 9.45^2} \right)$$

$$S = 3.71m$$

3.3 Resultados del diseño horizontal

En la tabla 13 podemos observar los datos que conforman las curvas de la vía la Dolorosa – el Salado.

La longitud de la vía es de 1847m se tendrá un total de 22 curvas horizontales, de las cuales 7 no cumplen con el radio mínimo ya que al modificar el alineamiento se obtendría pendientes demasiadas pronunciadas.

Tabla 13

Cuadro de elementos de curva vía La Dolorosa – El Salado.

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA												
PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO (m)	T (m)	L CURVA (m)	L CUERDA (m)	SECANTE EXTERNA (m)	FLECHA DEL ARCO (m)	ABS PC	ABS PT	PI NORTE	PI ESTE
1	N8° 33' 56E"	60°35'47";20,00"	11,69	21,15	20,18	3,16	2,73	0+018.58	0+006.89	0+028.05	9685278,65	720628,15
2	N2° 11' 16E"	73°21'07";20,00"	14,89	25,60	23,89	4,94	3,96	0+117.76	0+102.86	0+128.47	9685357,61	720691,77
3	N17° 23' 35W"	34°11'25";30,00"	9,23	17,90	17,64	1,39	1,33	0+155.95	0+146.73	0+164.63	9685392,54	720667,78
4	N17° 13' 08W"	33°50'31";42,00"	12,78	24,81	24,45	1,90	1,82	0+317.34	0+304.56	0+329.37	9685554,47	720666,93
5	N20° 04' 57W"	28°06'54";47,00"	11,77	23,06	22,83	1,45	1,41	0+366.55	0+354.78	0+377.84	9685595,82	720638,90
6	N16° 02' 06E"	44°07'12";25,00"	10,13	19,25	18,78	1,97	1,83	0+433.73	0+423.60	0+442.85	9685663,10	720631,80
7	N31° 08' 14E"	13°54'58";70,00"	8,54	17,00	16,96	0,52	0,52	0+493.30	0+484.76	0+501.76	9685710,78	720669,18
8	N12° 46' 29W"	73°54'27";25,00"	18,81	32,25	30,06	6,28	5,02	0+586.03	0+567.23	0+599.47	9685795,45	720707,19
9	N1° 16' 27W"	96°54'31";20,00"	22,57	33,83	29,94	10,16	6,74	0+664.56	0+641.99	0+675.81	9685849,68	720643,18
10	N0° 42' 53E"	92°55'51";10,00"	10,53	16,22	14,50	4,52	3,11	0+756.35	0+745.83	0+762.05	9685919,76	720718,81
11	N17° 35' 58E"	126°42'00";13,00"	25,90	28,75	23,24	15,98	7,17	0+807.03	0+781.12	0+809.87	9685958,49	720679,06
12	N45° 02' 55E"	71°48'06";16,00"	11,58	20,05	18,76	3,75	3,04	0+846.98	0+835.40	0+855.45	9685968,41	720741,28
13	N53° 31' 10E"	88°44'36";30,00"	29,35	46,47	41,96	11,97	8,56	0+911.44	0+882.10	0+928.56	9686035,13	720752,03
14	N83° 56' 18E"	27°54'19";50,00"	12,42	24,35	24,11	1,52	1,48	0+971.30	0+958.88	0+983.23	9686025,23	720823,44
15	N29° 52' 23E"	80°13'32";25,00"	21,06	35,00	32,21	7,69	5,88	1+054.49	1+033.43	1+068.43	9686053,87	720902,06
16	N30° 07' 36E"	80°43'58";25,00"	21,25	35,23	32,38	7,81	5,95	1+168.88	1+147.63	1+182.85	9686173,44	720880,46
17	S76° 05' 08E"	66°50'33";25,00"	16,50	29,17	27,54	4,95	4,13	1+244.15	1+227.65	1+256.81	9686201,00	720958,27
18	S33° 37' 05E"	18°05'33";80,00"	12,74	25,26	25,16	1,01	1,00	1+349.81	1+337.07	1+362.33	9686120,49	721032,47
19	S29° 09' 08E"	9°09'39";85,00"	6,81	13,59	13,58	0,27	0,27	1+424.24	1+417.44	1+431.03	9686052,60	721063,51
20	S22° 07' 29E"	23°12'58";40,00"	8,22	16,21	16,10	0,84	0,82	1+501.84	1+493.62	1+509.83	9685988,05	721106,62
21	S65° 50' 48E"	110°39'36";20,00"	28,92	38,63	32,90	15,16	8,62	1+570.14	1+541.22	1+579.85	9685920,68	721119,13
22	N87° 45' 44E"	57°52'40";70,00"	38,70	70,71	67,74	9,99	8,74	1+704.95	1+666.25	1+736.96	9686000,41	721250,90

Fuente:Elaboracion propia

En la tabla 14 se observa los datos que conforman las curvas de la vía El Salado - Pampa de Rosas.

La longitud de la vía es de 1250m en la cual se tendrá un total de 15 curvas horizontales, 2 no cumplen con el radio mínimo ya que las condiciones del terreno, los espacios restringidos producidos por las viviendas no permitirán realizar el diseño previsto.

Tabla 14

Cuadro de elementos de curva vía El Salado – Pampa de Rosas.

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA												
PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO (m)	T (m)	L CURVA (m)	L CUERDA (m)	SECANTE EXTERNA (m)	FLECHA DEL ARCO (m)	ABS PC	ABS PT	PI NORTE	PI ESTE
23	S41° 08' 11W"	29°32'33";35,00"	9,23	18,05	17,85	1,20	1,16	0+029.74	0+020.51	0+038.56	9686069,70	721457,52
24	S41° 49' 51W"	30°55'53";35,00"	9,68	18,89	18,67	1,31	1,27	0+093.90	0+084.22	0+103.11	9686011,84	721428,85
25	S35° 20' 31W"	43°54'31";30,00"	12,09	22,99	22,43	2,35	2,18	0+130.32	0+118.22	0+141.21	9685991,91	721397,81
26	S16° 39' 26W"	6°32'19";115,00"	6,57	13,12	13,12	0,19	0,19	0+191.26	0+184.69	0+197.82	9685931,46	721383,42
27	S24° 31' 35W"	9°11'59";115,00"	9,25	18,47	18,45	0,37	0,37	0+267.18	0+257.92	0+276.39	9685860,08	721357,54
28	S22° 43' 55W"	12°47'19";100,00"	11,21	22,32	22,27	0,63	0,62	0+400.65	0+389.44	0+411.76	9685743,45	721292,56
29	S3° 15' 56W"	26°08'38";40,00"	9,29	18,25	18,09	1,06	1,04	0+479.17	0+469.88	0+488.13	9685668,01	721270,45
30	S23° 41' 17E"	27°45'49";40,00"	9,89	19,38	19,19	1,20	1,17	0+551.44	0+541.56	0+560.94	9685596,47	721282,81
31	S25° 05' 27E"	24°57'29";30,00"	6,64	13,07	12,96	0,73	0,71	0+605.40	0+598.76	0+611.83	9685553,40	721315,94
32	S33° 36' 59W"	92°27'25";20,00"	20,88	32,27	28,88	8,91	6,16	0+666.61	0+645.74	0+678.01	9685493,45	721329,36
33	S34° 57' 21W"	89°46'41";15,00"	14,94	23,50	21,17	6,17	4,37	0+713.38	0+698.44	0+721.94	9685483,54	721273,99
34	S7° 49' 04W"	35°30'05";50,00"	16,01	30,98	30,49	2,50	2,38	0+783.53	0+767.53	0+798.51	9685408,15	721287,19
35	S28° 30' 34W"	5°52'55";230,00"	11,82	23,61	23,60	0,30	0,30	0+900.19	0+888.37	0+911.98	9685301,99	721236,40
36	S34° 40' 45W"	6°27'27";285,00"	16,08	32,12	32,10	0,45	0,45	1+010.81	0+994.73	1+026.85	9685207,61	721178,67
37	S36° 01' 38W"	3°45'41";875,00"	28,73	57,44	57,43	0,47	0,47	1+167.77	1+139.03	1+196.48	9685083,74	721082,22

Fuente:Elaboracion propia

En la tabla 15 se observa los datos que conforman las curvas de la vía Pampa de Rosas – Perlas Pamba.

La longitud de la vía es de 1135m en la cual se tendrá un total de 14 curvas horizontales cumpliendo todas con el radio mínimo asumido.

Tabla 15

Cuadro de elementos de curva vía Pampa de Rosas – Perlas Pamba.

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA												
PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO (m)	T (m)	L CURVA (m)	L CUERDA (m)	SECANTE EXTERNA (m)	FLECHA DEL ARCO (m)	ABS PC	ABS PT	PI NORTE	PI ESTE
38	N50° 55' 58W"	5°40'17";130,00"	6,44	12,87	12,86	0,16	0,16	1+108.14	1+101.70	1+114.57	9685000,04	721057,48
39	N52° 50' 29W"	9°29'19";155,00"	12,86	25,67	25,64	0,53	0,53	1+040.24	1+027.38	1+053.05	9684954,65	721108,06
40	N46° 21' 05W"	22°28'08";55,00"	10,92	21,57	21,43	1,07	1,05	0+949.10	0+938.18	0+959.74	9684905,64	721185,24
41	N38° 35' 35W"	6°57'08";135,00"	8,20	16,38	16,37	0,25	0,25	0+881.37	0+873.17	0+889.55	9684850,22	721224,21
42	N34° 39' 12W"	14°49'52";40,00"	5,21	10,35	10,33	0,34	0,33	0+795.97	0+790.76	0+801.11	9684786,78	721281,47
43	N27° 53' 20W"	1°18'07";365,00"	4,15	8,29	8,29	0,02	0,02	0+734.60	0+730.45	0+738.74	9684732,22	721309,56
44	N39° 13' 57W"	21°23'07";100,00"	18,88	37,32	37,11	1,77	1,74	0+496.58	0+477.70	0+515.03	9684522,74	721423,49
45	N9° 00' 57W"	81°49'08";30,00"	26,00	42,84	39,29	9,70	7,33	0+392.88	0+366.88	0+409.72	9684450,09	721509,84
46	N16° 22' 09E"	31°02'55";40,00"	11,11	21,68	21,41	1,51	1,46	0+316.80	0+305.68	0+327.36	9684385,02	721469,36
47	N13° 34' 42W"	28°50'46";50,00"	12,86	25,17	24,91	1,63	1,58	0+224.71	0+211.85	0+237.02	9684292,40	721467,99
48	N5° 36' 18W"	44°47'34";30,00"	12,36	23,45	22,86	2,45	2,26	0+170.46	0+158.10	0+181.55	9684243,38	721494,06
49	N4° 08' 01W"	41°51'00";25,00"	9,56	18,26	17,86	1,77	1,65	0+130.31	0+120.75	0+139.01	9684204,12	721482,21
50	N20° 25' 15W"	9°16'31";88,00"	7,14	14,25	14,23	0,29	0,29	0+081.93	0+074.79	0+089.03	9684160,26	721502,72
51	N21° 12' 35W"	10°51'10";58,00"	5,51	10,99	10,97	0,26	0,26	0+041.77	0+036.26	0+047.24	9684121,59	721513,65

Fuente:Elaboracion propia

El talud en la vía es la inclinación de una superficie con respecto a la horizontal, conservar un talud estable es una parte muy importante ya que así evitará que existan deslizamientos del material, para esto tenemos algunas formas como plantar vegetación y realización de una correcta pendiente al momento de cortar o colocar material.

A continuación, se exponen tablas con las cuales se podrán determinar las pendientes de corte y relleno.

Tabla 16

Cuadro de taludes corte recomendado

Clase de Terreno	Talud de corte (V:H)
	Altura < 5m
Roca fija	10 : 1
Roca suelta	6 : 1 - 4 : 1
Conglomerados cementados	4 : 1
Suelos consolidados compactados	4 : 1
Conglomerados comunes	3 : 1
Tierra compacta	2 : 1 - 1 : 1
Tierra suelta	1 : 1
Arenas sueltas	1 : 2
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1 : 2 - 1 : 3

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de transito. Ministerio de Transporte y Comunicaciones de La Republica de Peru.

Según las condiciones del terreno y las alturas máximas de corte que son menores a 5m se recomendará dejar una pendiente de corte de 1:1.

Tabla 17

Cuadro de taludes de relleno recomendado

TALUDES DE RELLENO			
MATERIALES	TALUD (V : H)		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Enrocado	1 : 1	(*)	(*)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1 : 1.5	(*)	(*)
Arena Compactada	1 : 2	(*)	(*)

(*) Requiere Banqueta o análisis de estabilidad

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de transito. Ministerio de Transporte y Comunicaciones de La Republica de Peru.

Según las condiciones de nuestro terreno y las alturas máximas de relleno que son menores a 5m se recomendará dejar una pendiente de relleno de 1:1.5.

Desde la abscisa 0+700 hasta la abscisa 0+740 se necesitará un talud de relleno y en la abscisa 0+750 hasta la abscisa 0+780 se necesitará un talud de corte.

3.5 Alineamiento Vertical

Al igual que el alineamiento horizontal el alineamiento vertical se conforma con tangentes las cuales están unidas mediante curvas las cuales pueden ser cóncavas o convexas.

3.5.1 Curvas Verticales

Las curvas verticales son aquellas que unen dos tangentes del perfil, estas deben cumplir con longitudes mínimas a base de la distancia de visibilidad de parada que dependen de un factor k , estas curvas puede ser simétricas y asimétricas.

La fotografía 20 presenta una curva vertical en la vía La Dolorosa – El Salado



Fotografía 20. Curvas verticales distancia de visibilidad (Fuente: Elaboración propia)

3.5.1.1 Curvas verticales cóncavas

Se considera una curva vertical cóncava cuando presenta su concavidad hacia abajo y los puntos inicial y final de dicha curva quedan por debajo de la misma.

La fotografía 21 presenta una curva vertical cóncava.



Fotografía 21. Curva vertical cóncava (Fuente: Elaboración propia)

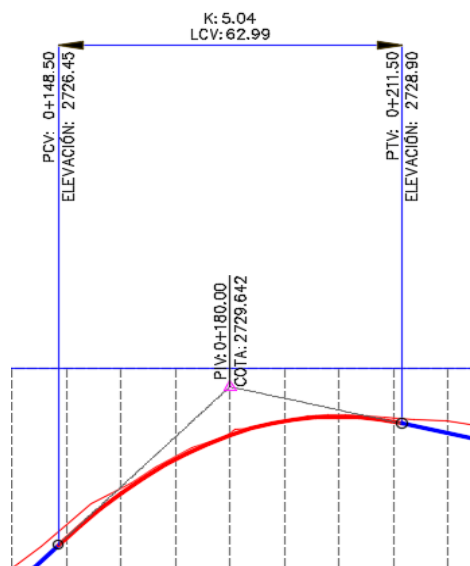


Figura 18. Elementos de curva vertical cóncava (Fuente: Elaboración propia)

La curva cóncava consta de los siguientes elementos

PVC = punto de inicio de la curva cóncava

PIV = punto de intersección de las tangentes verticales

PTV = punto final de la curva cóncava

K = coeficiente de curvatura vertical

LCV = longitud de la curva vertical medida desde el PCV hasta el PTV en proyección horizontal.

En las curvas cóncavas el factor k nos ayuda a determinar la distancia adecuada para que los vehículos puedan detenerse si se produce un efecto de encandilamiento por las luces de los vehículos que circulan en sentido contrario.

A continuación, se expone la tabla para los índices K para la determinación de las longitudes de las curvas cóncavas.

Tabla 18

Índice de curvatura para curvas cóncavas

Velocidad (Km/h)	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Índice de Curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38
El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica.		

Fuente: Norma ecuatoriana de vialidad NEVI 2012

Según la velocidad de diseño de 30 km/h considerados en los tramos se toma un índice de curvatura $K = 6$ obteniendo una distancia de visibilidad de frenado mínima de 35 m.

3.3.1.2 Curvas verticales convexas

Se considera una curva vertical convexa cuando presenta su concavidad hacia arriba y los puntos inicial y final de dicha curva quedan por encima de la misma.

La fotografía 22 presenta una curva vertical convexa.



Fotografía 22. Curva vertical convexa (Fuente: Elaboración propia)

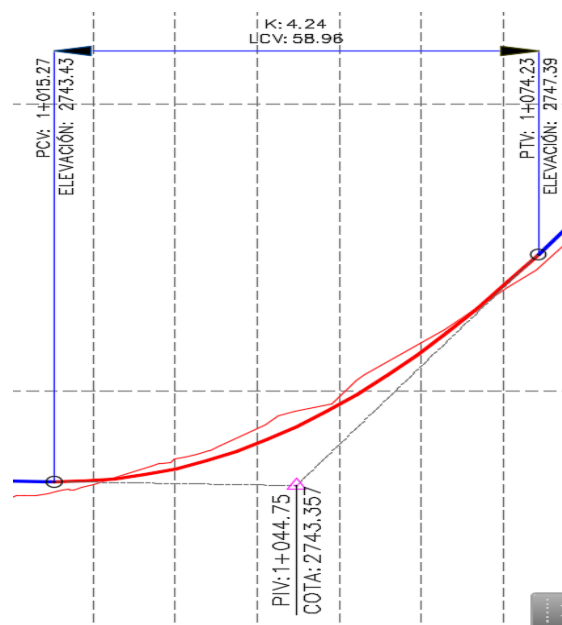


Figura 30. Elementos de curva vertical convexa (Fuente: Elaboración propia)

La curva cóncava consta de los siguientes elementos

PVC = punto de inicio de la curva cóncava

PIV = punto de intersección

PTV = punto final de la curva cóncava

K = coeficiente de curvatura vertical

LCV = longitud de la curva vertical medida desde el PCV hasta el PTV en proyección horizontal.

A diferencia de las curvas cóncavas para el diseño de curvas convexas existen dos condiciones en donde interviene los factores K, uno para la longitud controlada por velocidad de frenado y el otro para la longitud controlada por visibilidad de adelantamiento.

Tabla 19

Índice de curvatura para curvas convexas

Velocidad (Km/h)	Longitud Controlada por Visibilidad de Frenado		Longitud Controlada por Visibilidad de Adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Índice de Curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)	Índice de Curvatura K
20	20	0,6	-	-
30	35	1,9	200	46
40	50	3,8	270	84
50	65	6,4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438
El índice de curvatura es la Longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica				

Fuente: Norma ecuatoriana de vialidad NEVI 2012

3.6 Resultados del diseño vertical

Según la velocidad de diseño de 30 km/h que se considerará en los tramos, se tomará un índice de curvatura $K = 1.9$ y se obtendrá una distancia de visibilidad de frenado mínima de 35 m y un índice de curvatura $k = 46$ logrando una longitud mínima de adelantamiento de 200m.

En el diseño se tendrá un total de 44 curvas verticales, por las condiciones del terreno se realizará curvas asimétricas en las abscisas, 0+580 y 0+650 (El Salado-Pampa de Rosas), en las abscisas 0+320, 0+860, 1+070, 1+390 y 1+520 (La Dolorosa-El Salado), las cuales permitirán disminuir las pendientes y seguir el perfil del terreno.

Dentro del diseño la pendiente mínima será del 0.051% en la abscisa 1+200 (El Salado-Pampa de Rosas) y la máxima será del 15.68 % en la abscisa 0+50 (La Dolorosa-El Salado) ya que por las condiciones actuales de la vía (casas, puentes, canal, etc.) no se logrará mejorar.

Capítulo IV: Estudio de suelos

El estudio de suelos es una fase muy importante en el diseño de las vías ya que se determinarán las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

4.1 Extracción de calicatas y Análisis de suelos

Para la extracción de las muestras de suelo generalmente se realiza a una distancia de 500 m máximo entre cada muestra tomando en cuenta ciertas consideraciones.

- Cambio en la zona de estudio
- Si los suelos presentan una forma irregular
- Zonas en las cuales soporten terraplenes mayores a 0.50m

La muestra extraída se debe tomar a una profundidad mínima a 1.50 m, el tamaño de la muestra dependerá según el número de estudios que se vayan a realizar por lo general la muestra extraída se obtiene del eje de la vía actual.

Las fotografías 23,24 y 25 presentan la extracción de las muestras de suelo.



Fotografía 23. Extracción de muestras de suelo (Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 24. Extracción de muestras de suelo (Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 25. Extracción de muestras de suelo (Fuente: Elaboración propia)

4.2 Granulometría

Mediante este ensayo se puede determinar las cantidades de material que conforman el suelo, se tomarán en cuenta las tres clasificaciones principales.

- 1.- El material que retiene el tamiz 3/8" se considera como grava.
- 2.- El material que pasa el tamiz 3/8" y retiene el tamiz N° 200 se considera como arena.
- 3.- El material que pasa el tamiz N° 200 se considera principalmente como limos o arcillas.

Tabla 20

Cuadro de abertura de tamices

Tamiz (ASTM)	Tamiz (Nch) (mm.)	Abertura real (mm.)	Tipo de suelo
3 "	80	76,12	GRAVA
2 "	50	50,80	
1 1/2 "	40	38,10	
1 "	25	25,40	
3/4 "	20	19,05	
3/8 "	10	9,52	ARENA GRUESA
N° 4	5	4,76	
N° 10	2	2,00	ARENA MEDIA
N° 20	0,90	0,84	
N° 40	0,50	0,42	ARENA FINA
N° 60	0,30	0,25	
N° 140	0,10	0,105	
N° 200	0,08	0,074	

Fuente: Norma ASSTHO

El estudio granulométrico da una perspectiva de cómo está conformado el suelo a medida que el suelo posee una gran cantidad de áridos gruesos tiende a ser capaz de resistir mayores cargas sin deformarse y si el suelo posee más cantidades de áridos finos el suelo tiende a ser más deformable a medida que aumente la cantidad de agua y por consecuencia pierde la capacidad de recibir cargas.

4.3 Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg es un ensayo que ayuda a determinar la cantidad de agua que puede adquirir un material para llegar a limite plástico y limite líquido.

Para el estudio de las vías es muy importante estas condiciones, normalmente el suelo posee una humedad y a medida que nosotros vayamos aumentando esa humedad el suelo pasa de un estado sólido a un estado plástico es decir el suelo pierde la resistencia a los esfuerzos contantes se vuelve maleable en el momento que este recibe una carga este queda deformado y podemos concluir que el suelo llega a un límite plástico, si continuamos aumentando el porcentaje de humedad el suelo pasa a un límite líquido en este momento el suelo es incapaz de soportar cargas.

La diferencia entre estos dos límites se le conoce como índice de plasticidad, si el suelo posee una gran cantidad de agua es muy propenso a sufrir deformaciones y puede pasar rápidamente de un estado semisólido a un estado líquido.

Para este ensayo se obtendrá el material pasado el tamiz # 40 “suelo fino”.

Límite líquido

Este ensayo se realiza mediante el método de la “cuchara casa grande” obteniendo muestras del material a 10, 20, 30 y 40 golpes, mediante este proceso nos da la cantidad de humedad que requiere el material para pasar de estado plástico a líquido lo cual nos dice que el suelo es incapaz de soportar cargas.

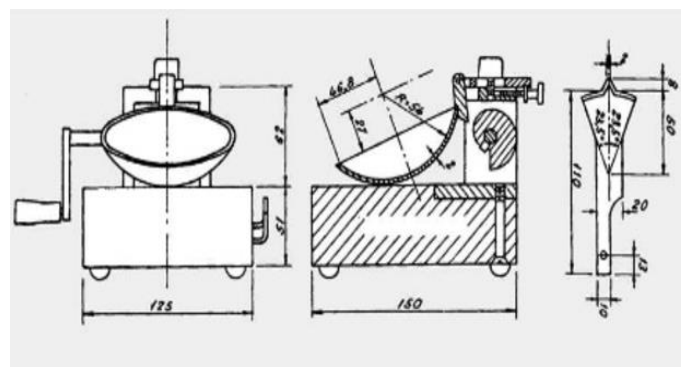


Figura 19. Instrumento de laboratorio “Cuchara casa grande” (Fuente: Elaboración propia)

- **Límite plástico**

Este ensayo se realiza determinando el contenido de humedad de unos cilindros de 3mm de diámetro cuando las muestras tienden a fisurarse, una vez obtenido los resultados nos indica el contenido humedad que requiere el material para pasar a un estado plástico dándonos a conocer que el suelo queda deformado después de recibir una carga.

- **Índice de plasticidad**

El índice de plasticidad es un indicador del grado de plasticidad que presenta un material, si el suelo es muy plástico tendrá un índice de plasticidad alto.

Tabla 21

Límites de Atterberg según el tipo de suelo

PARÁMETRO		TIPO DE SUELO		
		Arena	Limo	Arcilla
LL	Límite líquido	15 - 20	30 - 40	40 - 150
LP	Límite plástico	15 - 20	20 - 25	25 - 50
IP	Índice de plasticidad	0 - 3	10 - 15	10 - 100

Fuente: Norma ASSTHO

4.4 Compactación

Este ensayo ayuda a obtener la densidad seca máxima del material y el porcentaje de humedad óptima se realiza mediante los métodos de Proctor estándar y Proctor modificado.

Este ensayo ayuda a conocer la densidad seca máxima en función de la humedad, mientras el suelo posea su densidad seca máxima el CBR del mismo será el máximo y por lo tanto soportará la máxima carga, cuando se procede a la compactación del suelo empieza a eliminar los espacios vacíos y el agua es decir las partículas empiezan acomodarse no obstante para la correcta compactación es necesario que el material este húmedo ya que esto ayudara a su consolidación.

En el campo es muy útil ya que nos ayudará a controlar que el suelo no sufra deformaciones mediante los ensayos en campo se podrá determinar si el suelo necesita más cantidad de agua o menor cantidad de agua esto ayudará a llegar a la densidad seca máxima y evitaremos que el suelo tienda a deformarse.

Para este ensayo se coloca tres capas de material en molde estandarizado las cuales se proceden a compactar con un martillo de 24.5 N de 25 golpes cada capa.

Las fotografías 26 y 27 presentan los instrumentos de laboratorio.



Fotografía 26. Instrumento de laboratorio “molde y pisón” (Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 27. Instrumento de laboratorio “molde y pisón” (Fuente: Elaboración propia)

Se realizará 5 muestras con distinta humedad lo cual nos dará 5 puntos con los cuales se formará una curva en la cual tendrá el % de humedad y la densidad máxima seca del material.

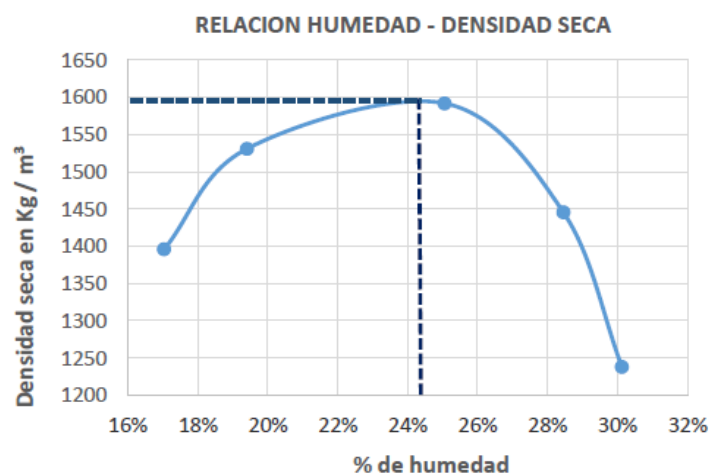


Figura 20. Curva de compactación (Fuente: Elaboración propia)

4.5 Clasificación de los suelos

Para la clasificación de los suelos se utilizará dos tipos de métodos SUCS y ASSHTO.

- El método de SUCS

Utiliza una tabla mediante la cual clasifica el suelo según el porcentaje de retención y pasante de los tamices utiliza las cuales viene representadas con letras.

Tabla 22

Cuadro de simbología método SUCS

PRIMER Y/O SEGUNDA LETRA		SEGUNDA LETRA	
SÍMBOLO	DEFINICIÓN	LETRA	DEFINICIÓN
G	Grava	P	Pobremente Graduado
S	Arena	W	Bien Graduado
M	Limo	H	Alta Plasticidad
C	Arcilla	L	Baja Plasticidad
O	Orgánico		

Fuente: Norma ASSTHO

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio				Clasificación de suelos	
				Símbolo de grupo	Nombre del grupo
Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	$IP < 4$ o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
			$IP > 7$ o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
	Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200		Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo
			Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
			Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo
			Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla
	Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
		Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	$IP < 4$ o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
			$IP > 7$ o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad
			$IP < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno limite liquido - no secado < 0.75	OL	Arcilla orgánica Limo orgánico
	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
			$IP < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno limite liquido - no secado < 0.75	OH	Arcilla orgánica Limo orgánica
	Suelos altamente orgánicos Principalmente materia orgánica de color oscuro			PT	Turba

Figura 21. Sistema de clasificación método SUCS (Fuente: Norma ASSTHO)

- El método de ASSHTO

El método de ASSHTO considera los porcentajes que retiene y pasan los diferentes tamices además de los Límites de Atterberg.

Este método utiliza la siguiente nomenclatura (A-1, A-2,..., A-7), los cuales se dividen en dos categorías como son los suelos granulares y los suelos limo-arcillosos.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
Clasificación de grupo	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...		...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

Figura 22. Sistema de clasificación método ASSTHO (Fuente: Norma ASSTHO)

4.6 Estratigrafía

En la estratigrafía se identifica las diferentes capas que constituyen el suelo y las propiedades de las mismas se obtendrá mediante las calicatas en las cuales se ha extraído el suelo.

Para las distancias de la extracción de las muestras de suelos se tomará en cuenta el km 0+000 en la vía Pampa de Rosas, desde la muestra 1 hasta la muestra 4 se tomará en la vía El

Saldado la muestra 5 y 6 se tomará en la vía el Pampa de Rosas y la muestra 7 y 8 se tomará en la vía Perlas Pamba.

En el km 1+900 el suelo está compuesto por tres capas de las cuales se analiza la capa que está a 1.5 m de profundidad dándonos como resultado un suelo arcilloso de baja plasticidad con un CBR del 2.83 cuyo material para subrasante es considerado como muy mala.

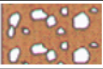
ESTRATIGRAFÍA 1												
Km	1+900	ALTURA	CARACTERISTICAS	% pasa #200	AASHTO	SUCS	LL	LP	IP	% w optima	δ seca max kg/m3	CBR
1.5 m		30 cm	MEJORAMIENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20 cm	CAFÉ OSCURO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		100 cm	SUELO ARCILLOSO DE BAJA PLASTICIDAD	62.46 %	A-4(3)	CL	28.00 %	18.72 %	9.28 %	24.30 %	1600 Kg/m3	2.83

Figura 23. Perfil estratigráfico 1 (Fuente: Elaboración propia)

En el km 1+500 el suelo está compuesto de dos capas de las cuales se analiza la capa que está a 1.5 m de profundidad dándonos como resultado un suelo arcilloso de baja plasticidad con un CBR del 5.1 cuyo material para subrasante es considerado como mala.

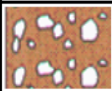
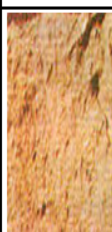
ESTRATIGRAFÍA 2												
Km	1+500	ALTURA	CARACTERISTICAS	% pasa #200	AASHTO	SUCS	LL	LP	IP	% w optima	δ seca max kg/m3	CBR
1.50m		30 cm	MEJORAMIENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		120 cm	SUELO ARCILLOSO DE BAJA PLASTICIDAD	76.86%	A-6(15)	CL	38.06 %	16.10 %	21.96 %	14.00%	1774 Kg/m3	5.1

Figura 24. Perfil estratigráfico 2 (Fuente: Elaboración propia)

En el km 1+100 el suelo está compuesto de dos capas de las cuales se analiza la capa que está a 1.5 m de profundidad dándonos como resultado un suelo arcilloso de baja plasticidad con un CBR del 2.34 cuyo material para subrasante es considerado como muy mala.

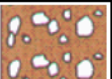
ESTRATIGRAFÍA 3												
Km	1+100	ALTURA	CARACTERISTICAS	% pasa #200	AASHTO	SUCS	LL	LP	IP	% w optima	γ seca max kg/m3	CBR
1.50m		30 cm	MEJORAMIENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		120 cm	SUELO ARCILLOSO DE BAJA PLASTICIDAD	80.53%	A-7-5(18)	CL	46.37 %	25.69 %	20.68 %	24.00%	1582 Kg/m3	2.34

Figura 25. Perfil estratigráfico 3 (Fuente: Elaboración propia)

En el km 0+550 el suelo está compuesto de dos capas de las cuales se analiza la capa que está a 1.5 m de profundidad dándonos como resultado un suelo gravoso arenoso con arcilla con un CBR del 0.9 cuyo material para subrasante es considerado como muy mala.

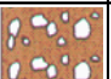
ESTRATIGRAFÍA 4												
Km	0+550	ALTURA	CARACTERISTICAS	% pasa #200	AASHTO	SUCS	LL	LP	IP	% w optima	γ seca max kg/m3	CBR
1.50m		30 cm	MEJORAMIENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		120 cm	SEULO GRAVOSO ARENOSO CON ARCILLA	62.46 %	A-2-6(0)	SC	37.36%	18.27%	19.09%	24.30 %	1600 Kg/m3	0.9

Figura 26. Perfil estratigráfico 4 (Fuente: Elaboración propia)

En el km 0+700 el suelo está compuesto de dos capas de las cuales se analiza la capa que está a 1.5 m de profundidad dándonos como resultado un suelo arcilloso de baja plasticidad con un CBR del 4.40 cuyo material para subrasante es considerado como mala.

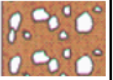
ESTRATIGRAFÍA 5												
Km	0+700	ALTURA	CARACTERISTICAS	% pasa #200	AASHTO	SUCS	LL	LP	IP	% w optima	γ seca max kg/m3	CBR
1.50m		30 cm	MEJORAMIENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		120 cm	SUELO ARCILLOSO DE BAJA PLASTICIDAD	62.88%	A-6(8)	CL	39.70 %	25.11 %	14.59 %	21.00%	1642 Kg/m3	4.40

Figura 27. Perfil estratigráfico 5 (Fuente: Elaboración propia)

En el km 0+090 el suelo está compuesto de dos capas de las cuales se analiza la capa que está a 1.5 m de profundidad dándonos como resultado un suelo arenoso limoso con un CBR de 12 cuyo material para subrasante es considerado como bueno.

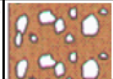
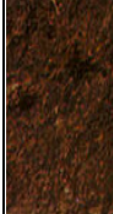
ESTRATIGRAFÍA 6												
Km	0+090	ALTURA	CARACTERISTICAS	% pasa #200	AASHTO	SUCS	LL	LP	IP	% w optima	γ seca max kg/m3	CBR
1.50m		30 cm	MEJORAMIENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		120 cm	SUELO ARENOSO LIMOSO	22.67%	A-2-4(0)	SM	26.38 %	22.32 %	4.06 %	14.00%	1876 Kg/m3	12

Figura 28. Perfil estratigráfico 6 (Fuente: Elaboración propia)

En el km 1+200 el suelo está compuesto de dos capas de las cuales se analiza la capa que está a 1.5 m de profundidad dándonos como resultado un suelo arcilloso de alta compresibilidad con un CBR de 2.1 cuyo material para subrasante es considerado como muy mala.

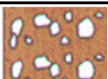
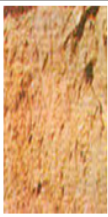
ESTRATIGRAFÍA 7												
Km	1+200	ALTURA	CARACTERISTICAS	% pasa #200	AASHTO	SUCS	LL	LP	IP	% w optima	γ seca max kg/m3	CBR
1.50m		30 cm	MEJORAMIENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		120 cm	SUELO ARCILLOSO DE ALTA COMPRESIBILIDAD	72.51%	A-7-6(20)	CH	63.93 %	31.10 %	32.84%	24.20%	1581 Kg/m3	2.1

Figura 29. Perfil estratigráfico 7 (Fuente: Elaboración propia)

En el km 2+000 el suelo está compuesto de dos capas de las cuales se analiza la capa que está a 1.5 m de profundidad dándonos como resultado un suelo arcilloso de baja plasticidad con un CBR de 3.25 cuyo material para subrasante es considerado como muy mala.

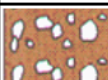
ESTRATIGRAFÍA 8												
Km	2+000	ALTURA	DETALLE	% pasa #200	AASHTO	SUCS	LL	LP	IP	% w optima	γ seca max kg/m3	CBR
1.50m		30 cm	MEJORAMIENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		120 cm	SUELO ARCILLOSO DE BAJA PLASTICIDAD	52.72%	A-7-5(7)	CL	40.60 %	21.51 %	19.09 %	13.20%	1722 Kg/m3	3.25

Figura 30. Perfil estratigráfico 8 (Fuente: Elaboración propia)

4.7 CBR

El CBR es un ensayo el cual determinará el esfuerzo cortante del suelo y así se podrá evaluar la calidad del terreno con lo cual nos permitirá diseñar las capas que conformarán la estructura de la vía.

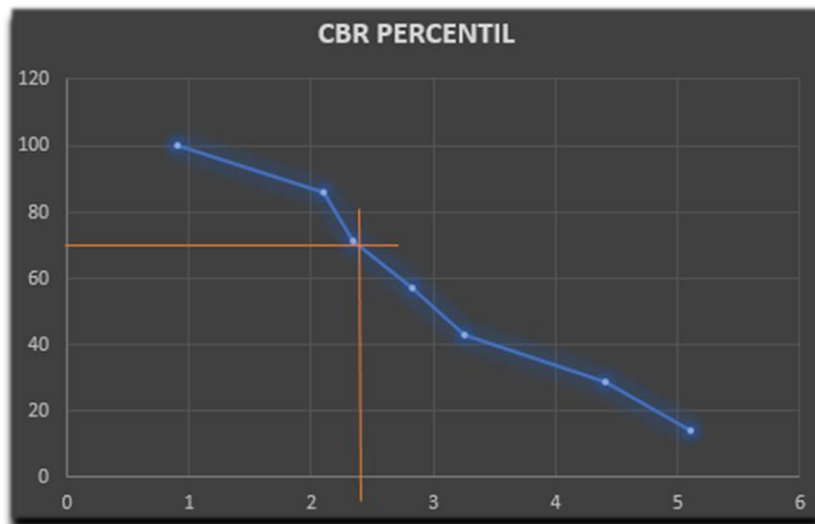
Para sacar el CBR de diseño (percentil) de las vías, no se tomará en cuenta el CBR de la muestra # 6 ya que variaba demasiado con los demás CBR, se colocará en columna los CBR de menor a mayor, se sacará los porcentajes, se realizará un cuadro con los CBR y los porcentajes y el CBR de diseño será aquel que salga del 70% - 75%,

Tabla 23

Cuadro de CBR percentil

CBR PERCENTIL				
# MUESTRA	CBR	# DE RESULTADOS IGUALES O MAYORES	PORCENTAJE	%
4	0,9	7	100	100
7	2,1	6	85,71428571	86
3	2,34	5	71,42857143	71
1	2,83	4	57,14285714	57
8	3,25	3	42,85714286	43
5	4,4	2	28,57142857	29
2	5,1	1	14,28571429	14

Fuente: Elaboración propia



**CBR DE
DISEÑO**

2,4

Figura 31. Grafico CBR percentil (Fuente: Elaboración propia)

Capítulo V: Diseño de pavimentos

Las vías se encuentran compuestas por una capa de rodadura a nivel de lastre, por las condiciones del suelo y del tráfico se optará por diseñar una capa de rodadura de concreto asfáltico.

Previo a la colocación del concreto asfáltico será necesario colocar una capa de mejoramiento y otra de base para tener una resistencia adecuada al tráfico.

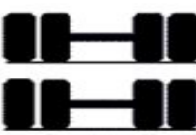
Para el diseño de pavimentos se tomará en consideración el TPDA, el cual se obtendrá mediante cuatro días de aforo, se elegirá a la vía que tenga los resultados más desfavorables, es decir la que posea mayor tráfico pesado.

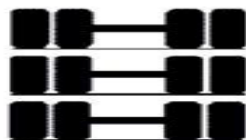
5.1 Factor equivalente (Fe)

Este factor sirve para saber el deterioro que produce un camión al circular sobre una vía, y saber las cargas que trasmite el mismo a la estructura del pavimento, para esto se transforma la carga de cada eje a una carga tipo, dependiendo de la distribución de ejes en el vehículo, a continuación, observamos la tabla de ejes vehiculares.

Tabla 24

Factor de peso de ejes estandarizado

CLASIFICACIÓN DE EJES VEHICULARES		
EJE	FIGURA	PESO W18
SENCILLO		5.5 Ton
SENCILLO (DOBLE RUEDA)		8.16 Ton
TÁNDEM		15.20 Ton

TRÍDEM**22 Ton**

Fuente: Elaboración propia

Para la determinación del factor equivalente se utilizará la siguiente fórmula del MOP de Chile.

$$Fe = \left(\frac{Wx}{W18} \right)^{4.3} \quad (8)$$

El factor Wx se determinará de la siguiente tabla de la Norma NEVI.

Tabla 25

Tabla nacional de pesos y dimensiones

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN			PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
						Largo	Ancho	Alto
2 D				CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	7	5,00	2,60	3,00
2DA				CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
2DB				CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10

Fuente: Norma ecuatoriana de vialidad NEVI 2012

Para la vía Pampa de Rosas – Perlas Pamba se obtendrá los siguientes resultados según el tipo de camiones.

Camión 1 eje pequeño

Este tipo de camión posee un eje sencillo por lo tanto se tomará como factor $W18 = 5.5$, de la misma manera se tomará en cuenta la distribución de carga máxima por eje “tipo 2D” el cual nos proporciona en un valor de $Wx = 3$ Ton para el eje delantero

$$Fe = \left(\frac{Wx}{W18} \right)^{4.3}$$

$$Fe = \left(\frac{3}{5.5} \right)^{4.3}$$

$$Fe = 0.0738$$

y un valor de $Wx = 4$ Ton para el eje trasero.

$$Fe = \left(\frac{4}{5.5} \right)^{4.3}$$

$$Fe = 0.2542$$

Tabla 26

Tabla de factores equivalentes según los ejes

Vehiculo	Eje delantero	Eje trasero	F.E. delantero	F.E. trasero	F.E.
Camion 2 ejes pequeño	3	4	0.0738	0.2542	0.3280
Camion 2 ejes grande	7	11	0.5171	3.6117	4.1288

Fuente: Elaboración propia

5.2 Numero de ejes equivalentes (Nt)

Para a determinación del número de ejes equivalentes se tomará en consideración la fórmula de Milton torres (2010).

$$Nt = 365 \times Fe \times TPDA \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \left[\frac{(1+r)^t - 1}{\ln(1+r)} \right] \quad (9)$$

r = tasa de crecimiento

t = número de años

fe = factor equivalente

TPDA = es el TPDA del año de diseño

A= Porcentaje de vehículos pesados

B= Factor carril

El factor A considera un porcentaje de vehículos pesados dividido para la sumatoria de todos los vehículos contabilizados multiplicado por 100.

$$A = \frac{\sum \text{vehiculos pesados}}{\sum \text{vehiculos contabilizados}} \times 100 \quad (10)$$

$$A = \frac{16 + 3}{16 + 3 + 471 + 354} \times 100$$

$$A = 2.25 \%$$

El factor B o factor carril considera el número de vehículos que circulan en cada sentido, para una vía de dos carriles uno por sentido, la norma AASHTO recomienda tomar un 70 % de los vehículos ya que el TPDA que realizamos para este proyecto no considera el número de vehículos que circulan en cada sentido.

Para el diseño de la vía consideraremos un a tasa de crecimiento del 2.29 % correspondiente a un periodo de diseño de 20 años según Milton Torres.

Vehículos livianos

$$Nt = 365 \times TPDA \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \quad (11)$$

$$Nt = 365 \times 825 \times \frac{2.25}{100} \times \frac{70}{100}$$

$$Nt = 4742.72$$

Camión 2 ejes pequeño

$$Nt = 365 \times 0.3280 \times 16 \times \frac{2.25}{100} \times \frac{70}{100} \times \left[\frac{(1 + 0.0229)^{20} - 1}{\ln(1 + 0.0229)} \right]$$

$$Nt = 763.19$$

Camión 2 ejes grande

$$Nt = 365 \times 4.1288 \times 3 \times \frac{2.25}{100} \times \frac{70}{100} \times \left[\frac{(1 + 0.0229)^{20} - 1}{\ln(1 + 0.0229)} \right]$$

$$Nt = 1801.29$$

La sumatoria total de los valores nos da un $Nt = 7307.2$

Tabla 27

Tabla de resultados “numero de ejes equivalentes”

Vehículo	Tasa Crecimiento %	Periodo Diseño	TPDA	A	B	Nt
Livianos	2.77	20	825	2.25	50	4742.72
Camion 2 ejes pequeño	2.29	20	16	2.25	50	763.19
Camion 2 ejes grande	2.29	20	3	2.25	50	1801.29
					Total	7307.2

Fuente: Elaboración propia

5.3 Factor de confiabilidad

El factor de confiabilidad se utiliza para determinar una desviación estándar, éste depende del tipo de camino y la zona nos sirve principalmente para ayudar a mantener la estructura del pavimento y evitar gastos de la misma, con el fin de desempeñar una manera confortable de circulación

La norma ASSTHO nos presenta la siguiente tabla para los valores de confiabilidad.

Tabla 28

Tabla de factores de confiabilidad recomendada

Tipo de camino	Confiabilidad Recomendada	
	Urbano	Rural
Interestatales y otras Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Norma ASSTHO

Según las condiciones del proyecto se tomará un valor de 75% por ser una vía colectora en una zona rural.

5.4 Desviación estándar (Z_r)

Para la desviación estándar consideramos el valor de la confiabilidad y se atenderá un valor de -0.674.

Tabla 29

Factores de desviación estándar

Confiabilidad	Desviación normal estándar (Zr)
50.00	0.000
60.00	-0.253
70.00	-0.524
75.00	-0.674
80.00	-0.841
85.00	-1.037
90.00	-1.282
91.00	-1.340
92.00	-1.405
93.00	-1.476
94.00	-1.555
95.00	-1.645
96.00	-1.751
97.00	-1.881
98.00	-2.054
99.00	-2.327
99.90	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Norma ASSTHO

5.5 Error normal combinado (So)

Este error considera la variación de las propiedades de los materiales, diseño, estimación de tránsito, variación de subrasante y las condiciones climáticas.

Tabla 30

Error normal combinado So

Proyecto de pavimento	Desviación estándar (So)
Pavimentos flexibles	0.40 - 0.50
Construcción nueva	0.45
Sobrecapas	0.50

Fuente: Norma ASSTHO

La desviación estándar para el diseño de pavimento se considerará 0.45

5.6 Modulo resiliente de la subrasante (Mr)

El módulo resiliente es la propiedad que caracteriza los materiales de la subrasante y toma en consideración el número de repeticiones de aplicación de la carga, ésta deformación puede ser recuperada después de que cese el esfuerzo y las condiciones de construcción.

Para esto mediante ensayos de laboratorio se determinaron tres fórmulas impuestas por Heukelom y Klomp el cual utilizan el CBR de la subrasante.

$$MR \text{ (psi)} = 1500 \text{ CBR} \quad \text{Si el CBR es menor a 10\%} \quad (13)$$

$$MR \text{ (psi)} = 3000 \text{ CBR}^{0.65} \quad \text{Si el CBR está entre 10 y 20\%} \quad (14)$$

$$MR \text{ (psi)} = 4326 \times \log(\text{CBR}) + 241 \quad \text{Suelos Granulares} \quad (15)$$

Según el CBR percentil de diseño de 2.4% aplicamos la siguiente formula.

$$Mr \text{ (psi)} = 1500 * 2.4 \%$$

$$Mr(\text{psi}) = 3600$$

5.7 Cálculo de número estructural (Sn)

Es el numero estructural que expresa la resistencia del pavimento en función del soporte del suelo, este factor sirve para determinar el espesor de las capas de la estructura de la vía.

Para la determinación del número estructural la Norma AASHTO no da la siguiente formula.

$$\log(Nt) = Z_r \times S_o + 9.06 \times \log(Sn + 1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta IPS}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(Sn+1)^{5.19}}\right)} \right] + 2.32 \times \log(Mr) - 8.07 \quad (16)$$

Nt = Es el número de ejes equivalentes = 7307.2

So = Se trata del error normal combinado = 0.45.

ΔIPS = Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial y final = 2.

M_r = Modulo resiliente de la subrasante = 3600 psi.

S_n = Numero estructural indicativo para determinar el espesor total del pavimento.

Z_r = Es la desviación estándar = -0.674.

Reemplazando los valores obtenemos

$$\log(7307.2) = -0.674 \times 0.45 + 9.06 \times \log(S_n + 1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{2}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(S_n + 1)^{5.19}}\right)} \right] + 2.32 \times \log(3600) - 8.07$$

$$S_n = 1.92$$

5.8 Cálculo del espesor de las capas del pavimento

Con el número estructural obtenido se deberá encontrar unos espesores adecuados para la estructura del pavimento, los cuales combinados nos den la capacidad S_n .

Para lograr esto la Norma ASSTHO nos proporciona la siguiente fórmula.

$$S_n = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + a_3 d_3 m_3 \dots \quad (17)$$

S_n = número estructural del pavimento

a = coeficiente estructural de la capa (cm)

d = espesor de la capa (cm)

m = coeficiente de drenaje de las capas granulares

5.8.1 Coeficiente del asfalto (a1)

Los coeficientes estructurales reflejan la capacidad estructural de los materiales para resistir las cargas.

Para esta ocasión siendo un diseño pequeño se tomará los coeficientes de diseño de capas dadas por la norma ASSTHO 93 la cual no propone lo siguiente.

Tabla 31

Coeficiente de asfalto

Clase de material	Normas	Coeficiente (cm)
Concreto Asfáltico	Estabilidad Marshall 1000 - 1800 lbs	0.134 - 0.173
Arena Asfáltica	Estabilidad Marshall 500 - 800 lbs	0.079 - 0.118
Carpeta Bituminosa Mezcla en Camino	Estabilidad Marshall 300 - 500 lbs	0.059 - 0.098

Fuente: Manual de pavimentos Torres M. 2010

Para la obtención del coeficiente de asfalto se utilizará la tabla propuesta tomando en consideración que la capa de rodadura es un concreto asfáltico se asumió un valor de $a_1 = 0.15$ cm

5.8.2 Coeficiente de base granular (a2)

Tomando en consideración que la norma ecuatoriana nos dice que el valor del CBR para base debe ser ≥ 80 .

La norma ASSTHO también nos propone la siguiente formula.

$$a_2 = \frac{0.032 \times CBR^{0.32}}{2.54} \quad (18)$$

$$a_2 = \frac{0.032 \times 80^{0.32}}{2.54}$$

$$a_2 = 0.051$$

5.8.3 Capa de mejoramiento

Para una correcta funcionalidad de la carpeta asfáltica se debe tener una buena sub rasante para lo cual la Norma Ecuatoriana nos indica que el valor del CBR debe ser mínimo 6 % si este valor es menor la norma nos indica cambiar o mejorar.

Tabla 32

Espesor de sustitución para capa de mejoramiento

CBR de la subrasante	Espesor de sustitución (cm)
<1	mínimo 60
1	55
2	35
3	25
4	15

Fuente: Pavimentos Hugo Alexander Rondón Quintana

Por lo tanto, se asumirá colocar una capa de mejoramiento de 25 cm, para un correcto mejoramiento de la subrasante tenemos la siguiente tabla propuesta por Milton Torres

Tabla 33

Coeficiente de mejoramiento

Clase de material	Normas	Coef. (cm)
Arena	PI 0 - 10	0.020 - 0.035
Suelo seleccionado	PI 0 - 10	0.020- 0.035
Suelo con cal	3% Mínimo de cal en peso de los suelos	0.028 - 0.039

Fuente: Manual de pavimentos Torres M. 2010

Se asumirá el material como suelo seleccionado por lo tanto el coeficiente a3 es de 0.020 cm

5.8.4 Coeficiente de drenaje

Los coeficientes de drenaje de las capas granulares de la estructura se seleccionan de acuerdo con las características del material, calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura está expuesta a la humedad.

Tabla 34

Tiempo de evacuación según el tipo de drenaje

Calidad de drenaje	Tiempo de Evacuación
Excelente	2 Horas
Bueno	1 Día
Regular	1 Semana
Pobre	1 Mes
Muy malo	El agua no evacua

Fuente: Norma ASSTHO

Según la tabla 28 se considerará una calidad de drenaje como bueno.

Sinincay es un lugar donde las lluvias son moderadas, es decir sobrepasan el 5% de tiempo de saturación, por esta razón se asumirá un coeficiente de drenaje para las capas granulares m2 y m3 igual a 1.

Tabla 35

Coeficiente de drenaje recomendado

Característica del drenaje	Porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más 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 Malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.60	0.40

Fuente: Norma ASSTHO

5.9 Determinación de la estructura de pavimento

En nuestro caso el CBR de la subrasante es de 2.4% por lo cual se recomendará colocar una capa de mejoramiento con un CBR mayor al 20 % para lo cual aumentamos los siguientes factores $a_3 d_3 m_3$ a la formula del coeficiente estructural del pavimento los cuales se determinaron con anterioridad.

$$S_n = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + a_3 d_3 m_3$$

$$SN_{Tránsito} \leq SN_{Pavimento}$$

El coeficiente estructural de transito $S_n = 1.92$

El coeficiente estructural del pavimento $a_1 = 0.15$ cm

El coeficiente estructural de la base $a_2 = 0.051$ cm

El coeficiente estructural del mejoramiento $a_3 = 0.025$

El factor de drenaje para las capas es $m_2, m_3 = 1$

El espesor para la capa de mejoramiento $d_3 = 25$ cm

$$S_n = (0.15 \times 5) + (0.051 \times 15 \times 1) + (0.020 \times 25 \times 1)$$

$$S_n \text{ pavimento} = 2.02$$

Tabla 36

Espesor de la estructura de rodamiento

CALLE	ESPESOR DE LA CAPA (cm)			
	PAVIMENTO	BASE	SUB BASE	MEJORAMIENTO
La Dolorosa - El Salado	5	15	0	25
Pampa de Rosas - Perlas Pamba	5	15	0	25
El Salado - Pampa de Rosas	5	15	0	25

Fuente: Elaboración propia

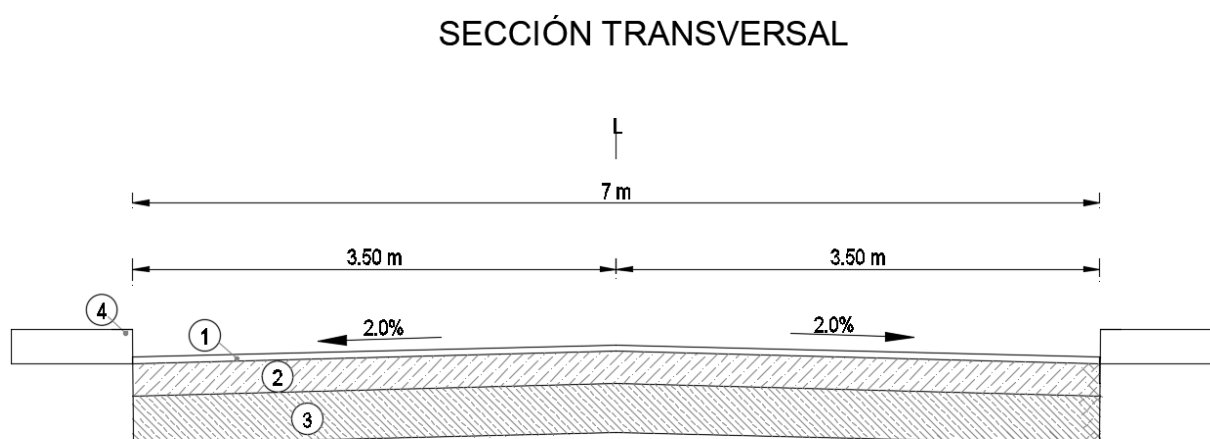


Figura 32. Estructura vial (Fuente: Elaboración propia)

1. Carpeta Asfáltica $e= 5\text{cm}$
2. Base granular $e= 15\text{cm}$
3. Mejoramiento $e= 25\text{cm}$
4. Vereda $L=1.50\text{m}$

Capítulo VI: Movimiento de tierras

6.1 Secciones Típicas

6.1.1 Calzada

Es la zona por la cual transitan los vehículos comprendida entre los bordes del camino y aceras, la calzada consta de carriles los cuales indican el sentido de circulación y viene delimitada por líneas longitudinales. Una vía puede tener varios carriles los cuales pueden ser de uno o dos sentidos.

Actualmente las vías no tienen veredas, no poseen un adecuado drenaje, no existe alcantarillado y el ancho de calzado oscila entre los 3 y 5 metros. Solamente desde la abscisa 1+160 hasta la abscisa 1+260 (El Salado-Pampa de Rosas) se han realizado veredas para seguridad de los niños de la escuela. Las fotografías 28 y 29 presenta la actualidad de las vías.



Fotografía 28. Zona con veredas

(Fuente: Elaboración propia)



Fotografía 29. Zona sin veredas

(Fuente: Elaboración propia)

6.1.2 Veredas

Es la parte de la vía reservada para el uso exclusivo de peatones, está ubicada a los costados de la misma, su pendiente transversal es siempre en dirección a la vía para tener una adecuada evacuación de las aguas, esta pendiente es del 2%.

Según lo conversado con el GAD Parroquial de Sinincay, el diseño propuesto para este tipo de vías se considerará una sección de 10m con un ancho de calzada de 3.50m y una vereda de 1.50m a cada lado.

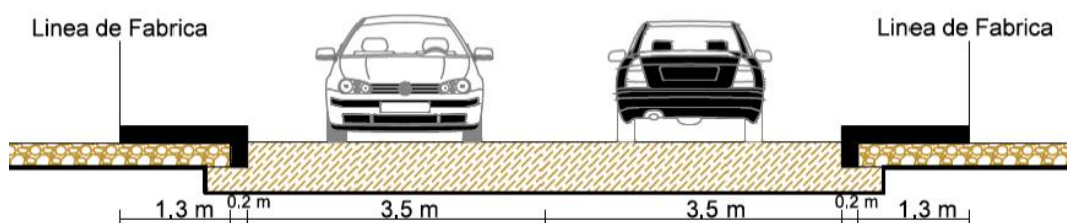


Figura 49. Sección transversal de la vía (Fuente: Elaboración propia)

Actualmente las vías del proyecto cuentan con alcantarillado sanitario en los tramos: desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 0+190 y desde la abscisa 0+840 hasta la abscisa 1+266 (El Salado-Pampa de Rosas), desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 1+135 (Perlas Pampa-Pampa de Rosas), desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 0+440 (La Dolorosa-El Salado), las zonas que no cuentan con alcantarillados tienen fosas sépticas y otras descargan hacia las quebradas Tasqui y Pucaca.

Antes de poner en marcha el proyecto se recomendará realizar un alcantarillado que permita una evacuación adecuada de las aguas, según la norma NEVI 2012 las alcantarillas deben tener un diámetro mínimo de 1200mm con una pendiente del 2% y un espesor de 2.5mm

Para la vía El Salado – Pampa de Rosas desde la abscisa 0+200 hasta la abscisa 0+430 se recomendará como punto de desfogue el canal de riego, desde la abscisa 0+440 hasta la abscisa 0+820 desfogar en la quebrada Pucaca, para el resto de tramos desfogar al alcantarillado existente.

Para la vía La Dolorosa – El Salado desde la abscisa 0+440 hasta la abscisa 0+660 desfogar a la quebrada Tasqui, desde la abscisa 0+662 hasta la abscisa 0+950 desfogar en la quebrada Pucaca y para tramo final de la vía unir al alcantarillado existente de la vía El Salado – Pampa de rosas.

Para la vía Pampa de rosas – Perlas Pamba desfogar al alcantarillado existente de esta vía.

La sección no cuenta con cunetas por lo tanto es importante el uso adecuado de sumideros, éstos son estructuras que se encontrarán ubicados a los costados de la calzada, nos ayudarán a dirigir las aguas hacia afuera de la misma, según la norma RAS 200 nos indica que los sumideros para la zona urbana se recomendará colocar cada 40 m con una tubería de 200mm de diámetros y una pendiente superior al 2% además nos indica una serie de recomendaciones tales como:

- Ubicar sumideros en las zonas bajas de la vía e intersecciones
- Aguas arriba de pasos peatonales
- Antes de las intersecciones y después de los puentes.
- En los puntos más vulnerables a inundaciones.
- En cambios de sección.
- Y cuando el agua fluya en sentido longitudinal, el espaciamiento deberá ser calculado en función de la intensidad de lluvia y las áreas de aporte.

A continuación, se podrá observar la localización de los sumideros en las vías:

Tabla 37
Tabla de sumideros propuestos

El Salado – Pampa de Rosas		Perlas Pamba – Pampa de Rosas		La Dolorosa – El Salado		
0+040 I	0+740 A	0+010 A	0+800 I	0+020 D	0+750 I	1+460 A
0+080 D	0+780 D	0+040 D	0+840 A	0+060 A	0+795 D	1+501 D
0+120 I	0+840 A	0+080 I	0+870 D	0+110 I	0+820 A	1+550 I
0+160 A	0+900 D	0+130 D	0+950 I	0+150 D	0+845 I	1+610 A
0+200 I	0+950 A	0+170 I	0+990 A	0+190 A	0+905 D	1+650 A
0+240 A	1+010 D	0+220 D	1+040 D	0+230 A	0+940 A	1+701 D
0+280 A	1+080 A	0+270 A	1+080 A	0+280 A	0+971 I	1+740 A
0+320 A	1+170 I	0+320 D	1+120 A	0+315 I	1+010 A	1+780 A
0+360 A	1+230 I	0+350 A		0+365 D	1+050 I	1+820 A
0+400 I	1+250 D	0+390 I		0+400 A	1+090 A	
0+440 A	1+266 I	0+440 A		0+430 I	1+130 A	
0+480 I		0+500 D		0+460 A	1+165 D	
0+520 A		0+560 A		0+490 I	1+200 A	
0+550 I		0+600 I		0+530 A	1+242 D	
0+580 A		0+620 D		0+580 I	1+280 A	
0+610 D		0+640 I		0+620 A	1+320 A	
0+630 A		0+680 A		0+650 D	1+350 D	
0+660 D		0+720 A		0+690 A	1+390 A	
0+710 I		0+760 A		0+730 A	1+424 D	

A: Sumideros ambos lados, I: Sumideros lado izquierdo, D: Sumideros lado derecho Fuente: Elaboración propia

6.3 Corte y relleno

Se considera como movimiento de Tierras a la colocación o extracción de material dentro de la ejecución de una obra. Este proceso se puede realizar en forma manual o mecánica, a estas acciones se las conoce como corte o relleno.

Para las vías de estudio se utilizará el programa civil 3d para obtener exactamente los volúmenes de corte y relleno que se va a tener en las vías y a su vez se desalojarán en Pichacay (Cuenca - Santa Ana)

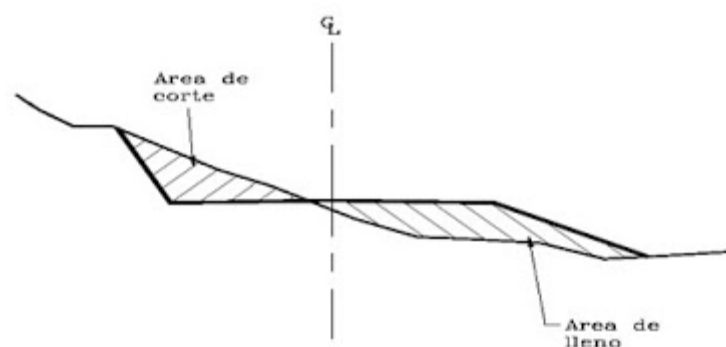


Figura 33. Sección de corte y relleno (Fuente: Elaboración propia)

En la tabla 38 podemos apreciar los volúmenes de corte y relleno de las vías.

Tabla 38
Tabla de Volúmenes

Resumen Informe de Volumen					
<u>Vía</u>	<u>Vol. desmonte</u> <u>acumul.</u> <u>(metros</u> <u>cúbicos)</u>	<u>Vol.</u> <u>reutilizable</u> <u>acumul.</u> <u>(metros</u> <u>cúbicos)</u>	<u>Vol. terraplén</u> <u>acumul.</u> <u>(metros</u> <u>cúbicos)</u>	<u>Vol. neto</u> <u>acumul. (pies</u> <u>cúbicos)</u>	<u>Observación</u>
1	11166,90	11166,90	942,82	10224,08	Desalojar
2	8033,72	8033,72	555,56	7478,16	Desalojar
3	7625,36	7625,36	160,06	7465,3	Desalojar
Total	26825.98	26825.98	1658.44	25167.54	Desalojar

Fuente: Elaboración propia

6.4 Diagrama de masas

Es la presentación grafica de los volúmenes de tierra que resultan en exceso o en defecto, en un proyecto de vías, después de efectuarse la compensación transversal.

Tiene como objetivo aprovechar el material de excavación logrado una compensación total sin que exista sobrante o faltante del material.

En las figuras 34, 35 y 36 se podrá apreciar los diagramas de masas.

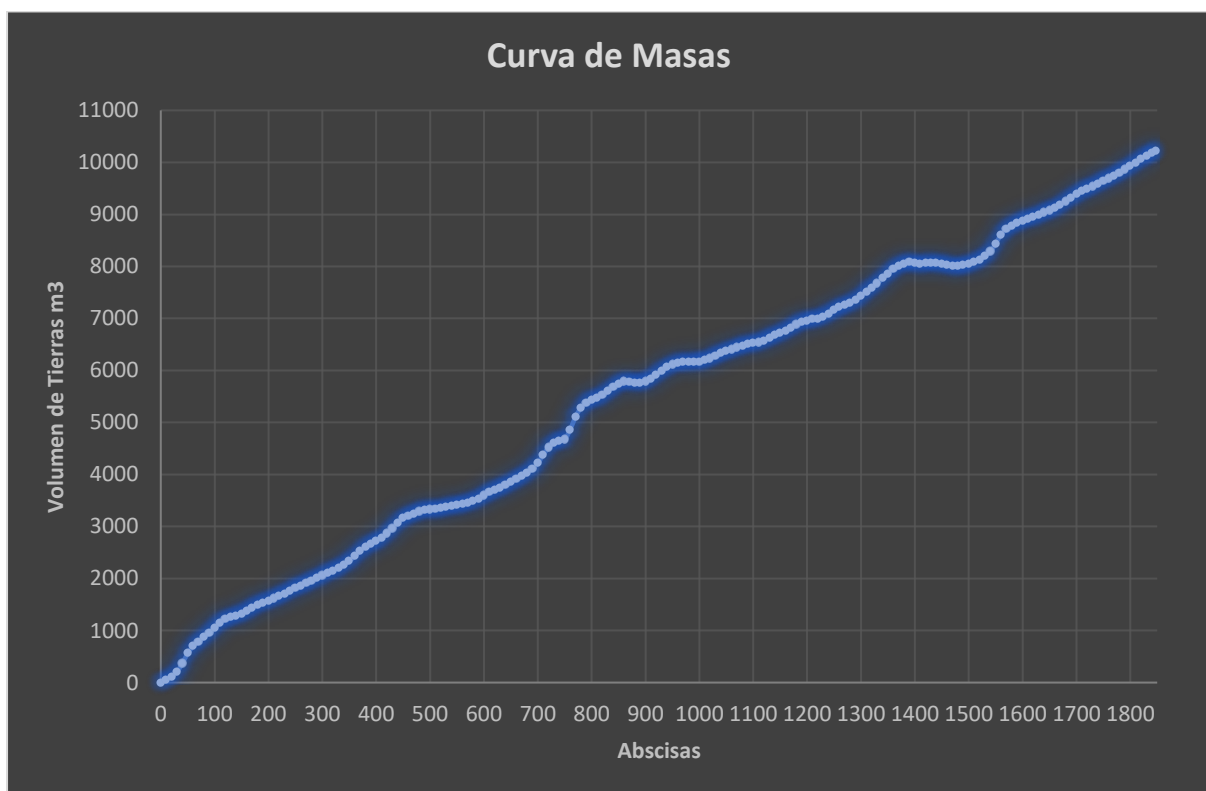


Figura 34. Curva de masas vía La Dolorosa - El Salado (Fuente: Elaboración propia)

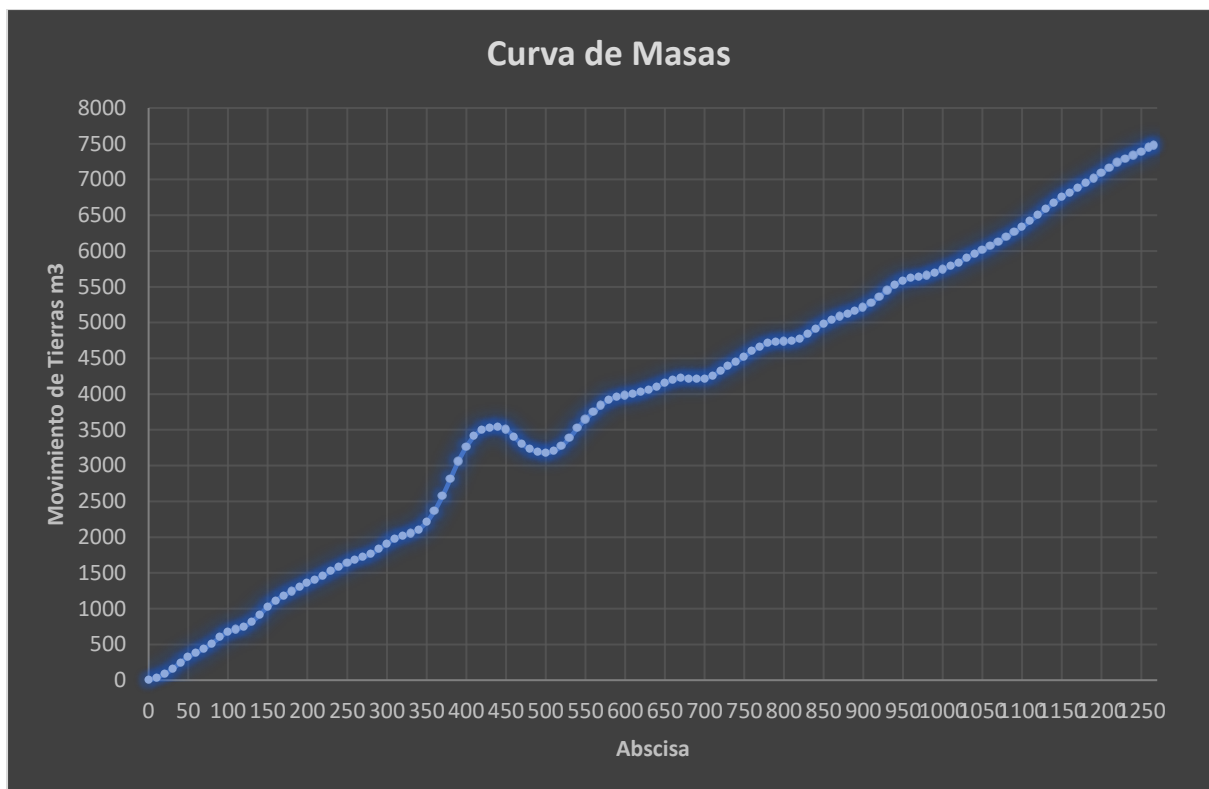


Figura 35. Curva de masas vía El Salado - Pampa de Rosas (Fuente: Elaboración propia)

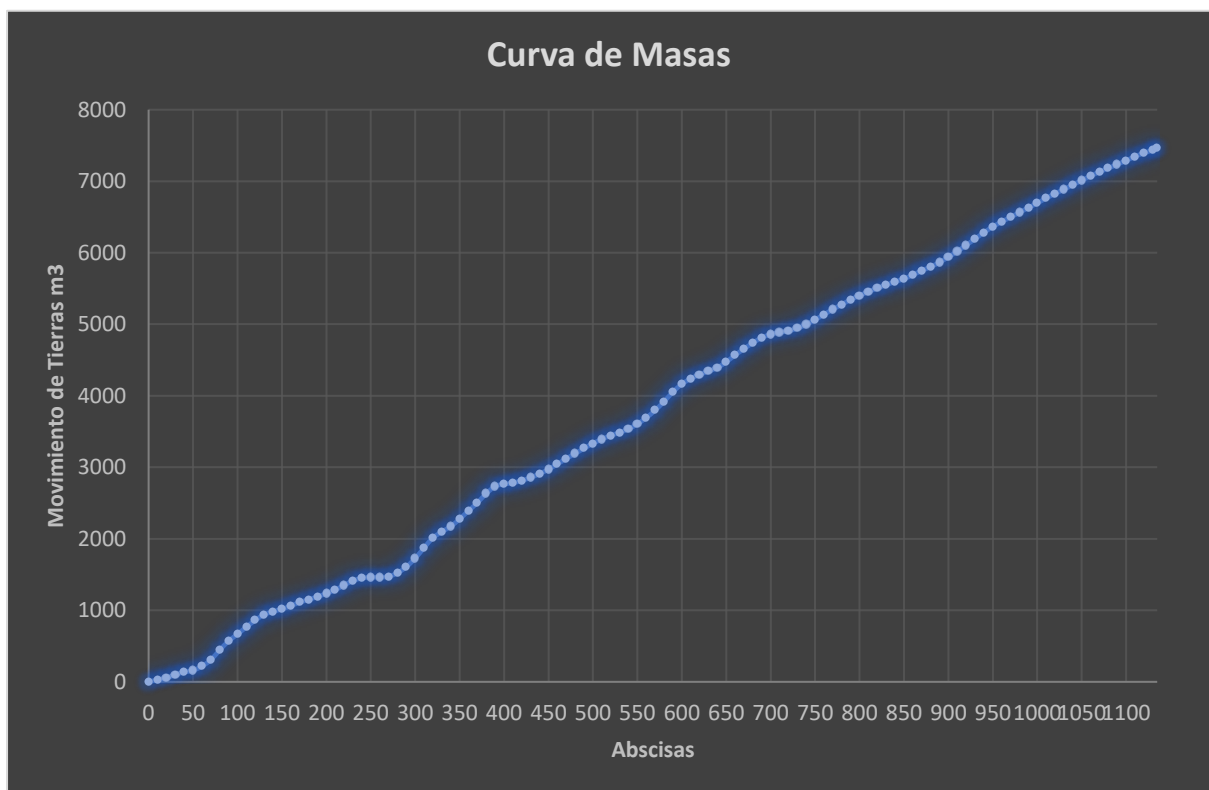


Figura 36. Curva de masas vía Pampa de rosas – Perlas Pamba (Fuente: Elaboración propia)

Capítulo VII: Señalización

Las señales de tránsito son aquellas que sirven para guiar, ordenar y regular el movimiento vehicular el movimiento vehicular y peatonal.

En forma general la señalización debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Ser visibles y llamar la atención.
- Contener significado claro y simple.
- Infundir respeto.
- Colocarse de modo que brinde el tiempo adecuado para una respuesta correcta.

Las señalizaciones ayudan a tener una mayor seguridad en la vía según la norma RTE INEN 004-1:2011 tenemos las siguientes:

7.1 Señalización horizontal

La señalización horizontal se emplea para regular la circulación, advertir, guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la seguridad y la gestión de tránsito

Tenemos líneas longitudinales, líneas transversales, símbolos y leyendas

7.1.1 Líneas longitudinales

Dentro de las líneas longitudinales tenemos las líneas de separaciones carriles, líneas de borde de calzada, y líneas de reducción y ampliación de calzada.

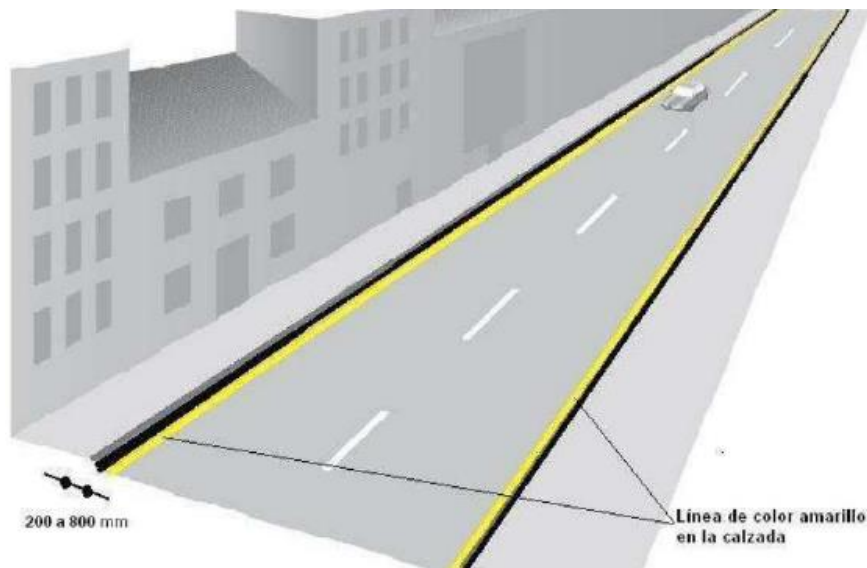


Figura 37. Líneas longitudinales (Fuente: Norma RTE INEN 004—1:2011)

7.1.2 Líneas transversales

Dentro de las líneas horizontales tenemos cruce controlado por señal ceda el paso, cruce de peatones.

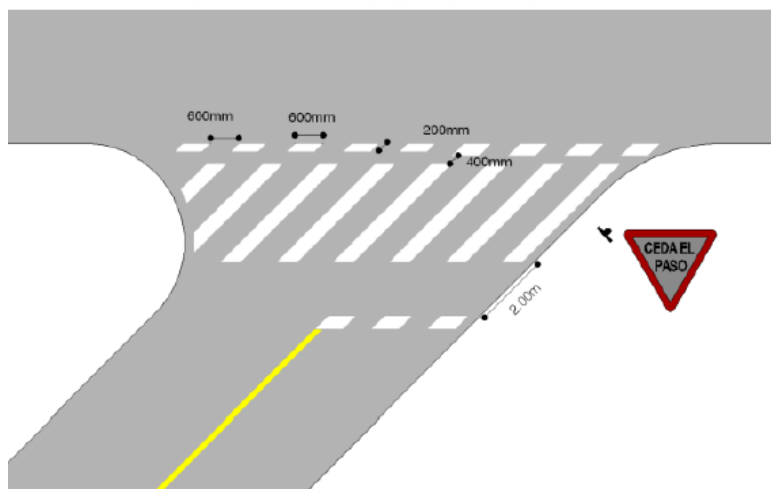


Figura 38. Paso cebra (Fuente: Norma RTE INEN 004—1:2011)

7.1.3 Símbolos y leyendas

Dentro de este tipo tenemos flechas de virajes, leyendas de pare, solo bus, taxi y otros tipos de símbolos como velocidad máxima y ciclo vía.

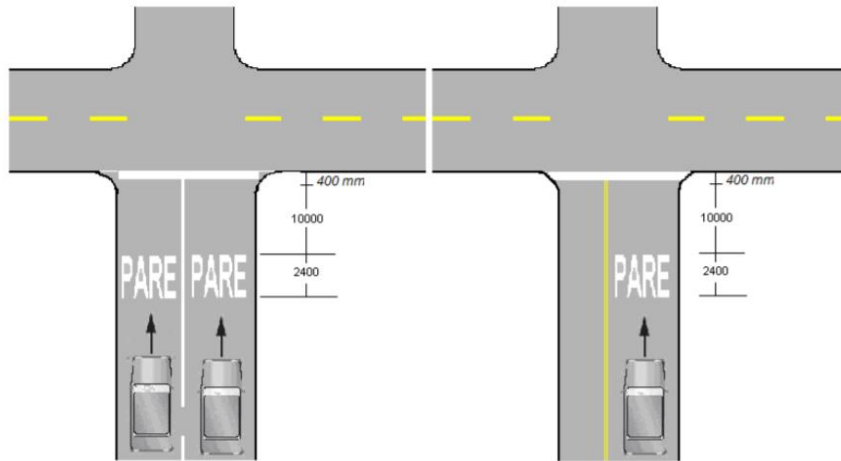


Figura 39. Símbolos y leyendas (Fuente: Norma RTE INEN 004—1:2011)

7.2 Señalización vertical

Las señales verticales son aquellas que se encuentran contenidas principalmente por postes o estructuras, facilita la identificación por parte del usuario vial, por lo que se estandariza el uso de la forma, color y mensaje de tal manera que las varias clases de señales sean reconocidas con rapidez.

Las señales verticales se clasifican en:

Señales regulatorias. - Aquellas que regulan el movimiento del tránsito e indican cuando se aplica un requerimiento legal, principalmente son de color rojo y vienen denotadas con el código R. En nuestro diseño ocupamos el disco pare en las intersecciones.

Señales preventivas. - Aquellas que advierten al usuario de las vías sobre condiciones inesperadas o peligrosas en la vía, principalmente son de color amarillo y viene denotadas con el código P. La más importante de nuestro diseño es el cruce de niños ubicada en las abscisas 1+150 y 1+200 de la vía El Salado - Pampa de Rosas

Señales informativas. – Aquellas que informan a los usuarios las direcciones, distancias, rutas, ubicación se utilizan para orientar o guiar al conductor, son de color verde y vienen denotadas con el código I.

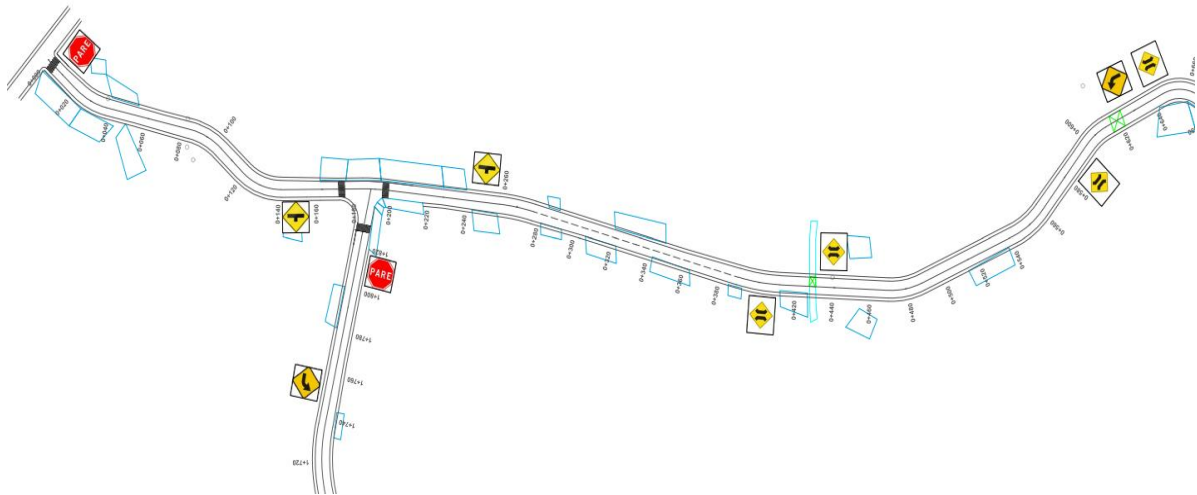


Figura 40. Señalización vertical (Fuente: Norma RTE INEN 004—1:2011)

Las dimensiones de estas señales para una sola urbana están a continuación.

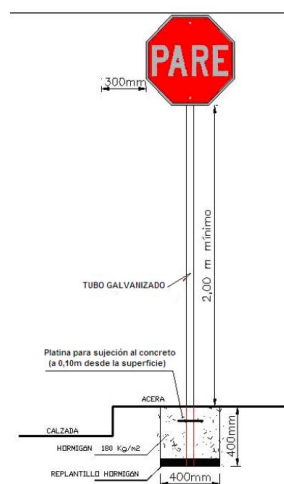


Figura 41. Señalización vertical (Fuente: Norma RTE INEN 004—1:2011)

La distancia mínima que debe existir entre las señales verticales viene dada por la siguiente tabla.

Tabla 39

Distancia mínima entre señales verticales

Distancia precedencia (m)	según	Velocidad (km/h)							
		120 - 110		100 - 90		80 - 60		50 - 30	
		Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
		Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.	Abs.	Rec.
Regulatoria	o								
Preventiva→		50	80	50	65	30	50	20	30
Regulatoria	o								
Preventiva									
Regulatoria	o								
Preventiva→		90	120	80	105	60	80	40	50
Informativa									
Informativa	→								
Regulatoria	o	60	90	50	75	40	60	30	40
Preventiva									
Informativa	→								
Informativa		110	140	90	115	70	90	50	60

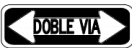
Fuente: Norma NEVI

En las siguientes tablas tenemos la ubicación y dimensiones de las señales que se utilizaron el proyecto vial.

Tabla 40

Cuadro de señalización vía El Salado – Pampa de Rosas

Vía El Salado – Pampa de Rosas			
Abscisa	Simbología	Código	Dimensiones (mm)
0+000		R2-2A	900 x 300
0+140		P2-2A	600 x 600
0+355		P4-1A	600 x 600
0+545		P4-1A	600 x 600

0+590		P1-3AD	600 x 600
0+720		P1-2AD	600 x 600
1+105		P6-2A	600 x 600
1+250		R2-2A	900 x 300

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41

Cuadro de señalización vía Pampa de Rosas – El Salado

Vía Pampa de Rosas – El Salado			
Abscisa	Simbología	Código	Dimensiones (mm)
1+220		P6-2A	600 x 600
0+875		P1-2AI	600 x 600
0+780		P1-3AD	600 x 600
0+690		P4-1A	600 x 600
0+505		P4-1A	600 x 600
0+265		P2-2A	600 x 600
0+210		R2-2A	900 x 300
0+000		R1-1A	600 x 600

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42

Cuadro de señalización vía Pampa de Rosas – Perlas Pamba

Vía Pampa de rosas – Perlas Pamba			
Abscisa	Simbología	Código	Dimensiones (mm)
1+125		R2-2A	900 x 300
0+460		P1-1AD	600 x 600
0+200		P1-3AD	600 x 600
0+070		P4-1A	600 x 600
0+040		P2-2A	600 x 600
0+000		R1-1A	600 x 600
0+000		R2-2A	900 x 300

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43

Cuadro de señalización vía Perlas Pamba – Pampa de Rosas

Vía Perlas Pamba – Pampa de Rosas			
Abscisa	Simbología	Código	Dimensiones (mm)
0+010		P4-1A	600 x 600
0+100		P1-3AD	600 x 600

0+340		P1-1AI	600 x 600
1+060		P2-2A	600 x 600
1+125		R1-1A	600 x 600

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44

Cuadro de señalización vía La Dolorosa – El Salado

Vía La Dolorosa – El Salado			
Abscisa	Simbología	Código	Dimensiones (mm)
0+000		P4-1A	600 x 600
0+060		P1-3AI	600 x 600
0+380		P1-2AD	600 x 600
0+440		P4-1A	600 x 600
0+510		P1-3AI	600 x 600
0+680		P4-1A	600 x 600
0+710		P1-1AI	600 x 600
0+860		P1-3AD	600 x 600
0+980		P1-1AI	600 x 600

1+100		P1-2AD	600 x 600
1+200		P1-2AD	600 x 600
1+520		P1-2AI	600 x 600
1+620		P1-2AD	600 x 600
1+760		P2-2A	600 x 600
1+830		R1-1A	600 x 600

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45

Cuadro de señalización vía El Salado - La Dolorosa

Vía El Salado - La Dolorosa			
Abscisa	Simbología	Código	Dimensiones (mm)
1+830		R2-2A	900 x 300
1+760		P1-2AI	600 x 600
1+640		P1-2AD	600 x 600
1+300		P1-2AI	600 x 600
1+210		P1-2AI	600 x 600

1+100		P1-1AD	600 x 600
0+960		P1-3AI	600 x 600
0+820		P1-1AI	600 x 600
0+790		P4-1A	600 x 600
0+700		P1-2AI	600 x 600
0+520		P4-1A	600 x 600
0+460		P1-2AI	600 x 600
0+140		P1-2AD	600 x 600
0+040		P4-1A	600 x 600

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo VIII: Presupuesto

El presupuesto es una elaboración referencial del proyecto el cual considerará cantidades, precios unitarios y costo total de la obra, se expresará en términos monetarios.

8.1 Cantidad de Obra

Mediante cálculos realizados se obtendrá cantidades de obra que se expresaran en los siguientes anexos.

8.2 Análisis de Precios unitarios

Para el análisis de precios unitarios se considerará los precios actuales en el mercado. Ver anexo.

8.3 Presupuesto Referencial

Este anexo nos indicará de manera resumida el costo total de la obra con sus respectivas cantidades y precios unitarios. El costo del Proyecto es de \$ 1.954.275,40. Ver anexo 4.

Capítulo IX: Conclusiones y Recomendaciones

9.1 Conclusiones

- El CBR del suelo es 2.4 considerado bajo para una subrasante de vía, por lo tanto, será necesario colocar una capa de mejoramiento de 25 cm.
- El TPDA cuenta en su mayoría con vehículos livianos.
- El diseño geométrico fue elaborado bajo la Normativa Ecuatoriana de Vialidad y las normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas
- En el diseño horizontal se tendrá un total de 51 curvas y la tangente máxima será 210 m.
- En el diseño vertical se tendrá un total de 44 curvas, 7 asimétricas, la pendiente mínima será del 0.051% en la abscisa 1+200 (El Salado-Pampa de Rosas) y la máxima será del 15.68 % en la abscisa 0+50 (La Dolorosa-El Salado).
- La sección de 10 m (dos carriles uno por sentido de 3.50m con veredas 1.50m) utilizada en la vía se definió con el GAD Parroquial de Sinincay.
- La estructura de pavimento constará de una capa de mejoramiento de 25 cm, una capa de base de 15 cm y una carpeta asfáltica de 5 cm.
- El presupuesto para el proyecto será aproximadamente \$ 1.954.275,40

9.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un estudio y diseño del sistema de alcantarillado previamente con el fin de lograr una correcta evacuación de las aguas.
- Es recomendable la utilización de la Norma Ecuatoriana de Vialidad 2012 para la construcción del proyecto.
- Se recomienda colocar la señalización vertical y horizontal principalmente en las zonas de las escuelas y las intersecciones.
- Es recomendable realizar el estudio y el diseño del puente ubicado en la abscisa 0+745 de la vía La Dolorosa – El Salado.
- Se recomienda colocar una estructura de hormigón que funcione como puente en la abscisa 0+430 de la vía El Salado – Pampa de rosas sobre el canal de riego.
- Se recomienda realizar el estudio y diseño de un muro de gaviones desde la abscisa 1+380 hasta la abscisa 1+460 de la vía La Dolorosa – El Salado con el fin de lograr la sección prevista.

Bibliografía

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2012). Norma ecuatoriana de velocidad.

Obtenido de

http://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2012). Plan Estratégico de Movilidad.

Obtenido de

<http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Plan-Estrategico-de-Movilidad.pdf>

Cárdenas, J. (2004). Diseño geométrico de carreteras. ECOE Ediciones.

Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones de La Republica de Perú.

Pavimentos Hugo Alexander Rondón Quintana.

Anexos

Anexo 1: Estudio de suelos

Anexo 2: Planos Diseño Geométrico

Anexo 3: Planos Simbología

Anexo 4: Presupuesto Referencial