



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
INGENIERÍA CIVIL**

Tesis de Grado

***“Estudio Preliminar y Diseño de la Vía: Tramos Cerecita – Tamarindo
0+000 - 1+500 L=1500 metros, Tamarindo - La Bajada de Progreso
0+000 – 1+300 L=1300 metros; con Pavimento Flexible
(Método Marshall)”***

Presentada por:

**Luis Enrique Rosales Mato
Hugo Enrique Soledispa Coronel**

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Guayaquil - Ecuador
Año 2008

DEDICATORIA

Primeramente a DIOS por su infinita Sabiduría por haberme permitido estudiar en la “ESPOL”, A mis padres, mi Esposa, mis familiares, y a todos aquellos amigos, compañeros incondicionales.

Luis R.

A Dios por darme la vida y la fuerza para siempre seguir adelante, a mis queridos padres por apoyarme en todo momento, a mi abuelito Enrique (+) y mi tío Johnson (+).

Hugo S.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres: María Magdalena Mato y Segundo Enrique Rosales; Mi querida Esposa Laura Robelly; y al Ing. Eduardo Santos Director de Tesis, por su inestimable iniciativa, apoyo moral y dotación de todos los recursos necesarios sin los que esta tesis no hubiera sido posible.

Luis R.

A Dios, mis padres, mis queridos hermanos, a mi enamorada, mis familiares, a todos mis amigos, a todas las personas que en su momento aportaron para el logro de este objetivo, y un especial agradecimiento al Ing. Eduardo Santos, Director de Tesis, fue un gran apoyo para la realización de este trabajo.

Hugo S.

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Edison Navarrete

PRESIDENTE

Ing. Eduardo Santos B:

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Carmen Terreros de Varela

VOCAL

Ing. Gastón Proaño

VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“La declaración del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLETÉCNICA DEL LITORAL”

Luis Enrique Rosales Mato

Hugo Enrique Soledispa Coronel

RESUMEN

El desarrollo de la presente tesis presenta **el Estudio Preliminar y Diseño Vial Tramos Cerecita-Tamarindo abscisa “0+000-1+500 L= 1500 metros”, Tamarindo-La Bajada de Progreso abscisa “0+000-1+300 L= 1300 metros”; con Pavimento Flexible diseñada con el Método Marshall**, teniendo como objetivos principales los siguientes:

- Realizar un diseño vial eficiente de los Tramos Cerecita – Tamarindo “0+000 - 1+500 L=1500 metros”, Tamarindo - La Bajada de Progreso “0+000 – 1+300 L=1300 metros”; con Pavimento Flexible.
- Tener un conocimiento más amplio de las características, condiciones y métodos que se emplean en la construcción de una carretera a base de pavimento flexible.
- Considerar las especificaciones exigidas para el diseño vial.
- Realizar un diseño de concreto asfáltico utilizando el método Marshall (ensayos del laboratorio y resultados).
- Realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), que minimice los efectos de contaminación a causa de la construcción del proyecto.
- Elaborar un Presupuesto Referencial que contemple los rubros principales que intervienen en la construcción de una carretera.
- Poder estudiar y comprender a fondo el diseño como la construcción de una carretera; para así poder realizar más estudios y pruebas que puedan dar un mayor desarrollo a la tecnología en la construcción de vías de comunicación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
TRIBUNAL DE GRADO	III
DECLARACION EXPRESA	IV
RESUMEN	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE PLANOS	XVI
INTRODUCCIÓN	XVII
Capítulo I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO	18
1.1 Justificación del Proyecto	18
1.2 Ubicación del Proyecto	19
1.3 Descripción del Sitio de Proyecto	22
Capítulo II. ESTUDIOS PRELIMINARES	23
2.1 Clasificación del Camino	23
2.1.1 Tráfico	24
2.1.2 T.P.D.A.	24
2.1.3 Tipos de vehículos	26
2.1.4 Vehículos de Diseño	27
2.1.5 Tráfico Actual y tráfico futuro	27
2.1.6 Clasificación de carreteras de acuerdo al T.P.D.A	28

2.2	Estudio de la Ruta	30
2.2.1	Reconocimiento de Campo	30
2.2.2	Revisión actual de la Vía	34
2.3	Estudios Topográficos	36
2.3.1	Topografía del Eje	37
2.3.2	Topografía Transversal	40
2.3.3	Estudio de la Ruta	41
2.4	Especificaciones de Diseño	42
2.4.1	Velocidad	42
2.4.1.1	Velocidad de diseño	42
2.4.1.2	Velocidad de circulación	44
2.4.2	Visibilidad	46
2.4.2.1	Visibilidad de parada	46
2.4.2.2	Efectos de las gradientes	47
2.4.2.3	Visibilidad de curvas horizontales	47
2.4.2.4	Distancia de visibilidad de parada	48
2.4.2.5	Distancia de visibilidad para rebasamiento de un Vehículo	52
2.5	Planos	
 Capítulo III. DISEÑO DEFINITIVO		56
3.1	Estudio de Suelos y Materiales	56
3.2	Estudio y Diseño de Drenaje	66
3.2.1	Drenaje superficial	68
3.2.2	Método de diseño racional	69
3.2.3	Tiempo de concentración e intensidad de lluvia	73
3.2.4	Cunetas	74
3.2.5	Diseño de cunetas y Sección típica	75
3.2.6	Bombeo de la vía	77
3.2.7	Alcantarillas	77

3.2.8	Drenaje Subterráneo	81
3.2.8.1	Clase de humedad del suelo	82
3.2.8.2	Control e intercepción de aguas subterráneas	82
3.3	Diseño Geométrico	83
3.3.1	Alineamiento horizontal	91
3.3.1.1	Curvas horizontales	93
3.3.1.2	Peralte	95
3.3.2	Alineamiento Vertical	105
3.3.2.1	Curvas verticales	106
3.3.2.2	Gradiente mínimo y gradiente máxima	110
3.3.3	Planos	
3.4	Movimiento de Tierras	114
3.4.1	Limpieza y desbroce	114
3.4.2	Excavaciones y rellenos	117
3.4.3	Equipos para movimientos de tierra	122
3.4.4	Calculo de volúmenes de corte y relleno	134
3.4.5	Esponjamiento y control de tierras	137
3.4.6	Diagrama de masas	139
3.4.7	Cuadro de volumen y distancia de sobre acarreo	143
3.5	Datos de Replanteo de Eje	143
 Capítulo IV. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE		144
4.1	Introducción	144
4.1.1	Pavimentos.- concepto, tipos	144
4.1.2	Ventajas y desventajas del pavimento Flexible	152
4.2	Diseño de Pavimentos Flexibles	154
4.2.1	Funciones de las capas de un pavimento flexible	154
4.2.2	Parámetros que intervienen en el diseño	156
4.2.3	Método de la A.A.S.H.T.O. 69	157
4.2.4	Tipos de subrasante y su mejoramiento si es necesario	168
4.2.5	Subbase	171

4.2.6 Base	173
4.3 Diseño de Carpeta de Rodadura Asfáltica (Método Marshall)	178
4.3.1 Componentes del Asfalto	181
4.3.2 Tratamiento de los agregados	187
4.3.3 Dosificación de los agregados	191
4.4 Ensayos de Laboratorio	191
4.5 Señalización Horizontal y Vertical	197
Capítulo V. IMPACTO AMBIENTAL	213
5.1 Introducción	213
5.2 Marco legal e institucional	214
5.2.1 Especificaciones Ambientales del MOP	223
5.3 Determinación del área de influencia	228
5.3.1 Área de influencia directa	228
5.3.2 Área de influencia indirecta	229
5.4 Línea base ambiental	230
5.4.1 Medio físico.- precipitaciones, temperatura, evaporación, geología, suelos	230
5.4.2 Medio biótico.- zona de vida, flora, fauna	231
5.4.3 Medio social y cultural.- ubicación geográfica, división política, demografía. Población económicamente activa, educación, infraestructura Urbano Rural, Acceso Viales, abastecimiento de agua potable, etc.	233
5.5 Comparaciones ambientales de las alternativas	234
5.6 Evaluación de los impactos de alternativa sin proyectos	239
5.7 Evaluación de los impactos de alternativa con proyectos	240
5.8 Matriz diferencial	242

5.9 Plan de manejo ambiental	243
5.9.1 Impactos negativos esperados con la ejecución Del proyecto	244
5.9.2 Impactos positivos esperados en la ejecución Del proyecto	247
Capítulo VI. PRESUPUESTO REFERENCIAL	248
6.1 Análisis de precios unitarios	249
6.2 Cuadro de cantidades y precios	269
6.3 Cronograma	270
Capítulo VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	271
7.1 Conclusiones	272
7.2 Recomendaciones	273
BIBLIOGRAFIA	274
ANEXOS	275

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.1: Tipo de Vehículos	23
Tabla 2.1.2. Tasas de crecimiento de tráfico	26
Tabla 2.1.3: Clasificación de las carreteras en función del tráfico Proyectado según el MOP	27
Tabla 2.4.1: Velocidad de diseño según el MOP	40
Tabla 2.4.2: Valores de velocidad de Circulación promedio según MOP	42
Tabla 2.4.3: Distancia mínima de visibilidad para diferentes radios y Velocidad de diseño	45
Tabla 2.4.4: Valores de diseño para las distancia de visibilidad mínima De parada de un vehículo	48
Tabla 2.4.5: Distancia de visibilidad mínima de parada de un vehículo	49
Tabla 2.4.6: Elementos para calcular la distancia de visibilidad de Rebase	52
Tabla 3.2.1: Valores de "C" para su uso en la formula racional	70
Tabla 3.2.2: Precipitación máxima diaria "Estación San Isidro"	71
Tabla 3.2.3: Intensidades máximas en mm/hora	72
Tabla 3.2.4: Caudales de Diseño para Cunetas	72
Tabla 3.2.5: Caudales de Diseño para Alcantarillas	73
Tabla 3.2.6: Coeficientes de Fricción Manning	76
Tabla 3.2.7: Localización de alcantarillas del proyecto	81
Tabla 3.3.1: Ancho de Pavimento recomendables	84

Tabla 3.3.2: Valores de diseño para el ancho de espaldones	86
Tabla 3.3.3: Ancho de espaldones	87
Tabla 3.3.4: Gradientes transversal para espaldones	88
Tabla 3.3.5: Valores recomendados de talud según el tipo de material	89
Tabla 3.3.6: Clasificación de superficie de rodadura	90
Tabla 3.3.7: Valores de diseño de los radios mínimos para $e_{\text{máx}}=0.10$	95
Tabla 3.3.8: Coeficientes de fricción lateral	100
Tabla 3.3.9: Gradiente Longitudinal	100
Tabla 3.3.10: Radios Mínimos Absolutos recomendados	104
Tabla 3.3.11: Factor de corrección de pendientes	109
Tabla 3.3.12: Pendientes máximas recomendadas	111
Tabla 3.3.13: Valores de diseño de las gradientes longitudinales (%)	111
Tabla 3.3.14: Valores de diseño de longitud crítica	113
Tabla 3.4.1: Propiedades de los materiales	137
Tabla 3.4.2: Diagrama de masas	140
Tabla 4.2.1: Índices de suficiencia	159
Tabla 4.2.2: Resumen TPDA proyectado para un periodo de 20 años	160
Tabla 4.2.3: Distribución del tráfico de acuerdo a la sumatoria de ejes Equivalentes	160
Tabla 4.2.4: Elección del CBR de diseño	163
Tabla 4.4.5: Factor regional	164

Tabla 4.2.6: Coeficiente Estructural de las Capas de Pavimentos Flexibles	165
Tabla 4.2.7: Diseño de los espesores de las capas del Pavimento Flexibles Para 20 años	167
Tabla 4.2.8: Propiedades y Requerimientos para la capa de Subrasante Mejorada	171
Tabla 4.2.9: Sub base, porcentaje en peso que pasa a través de los Tamices de malla cuadrada	173
Tabla 4.2.10: Base clase 1, porcentaje en peso que pasa a través De los tamices de malla cuadrada	175
Tabla 4.2.11: Base clase 2, porcentaje en peso que pasa a través De los tamices de malla cuadrada	176
Tabla 4.2.12: Base clase 3, porcentaje en peso que pasa a través De los tamices de malla cuadrada	176
Tabla 4.2.13: Base clase 4, porcentaje en peso que pasa a través De los tamices de malla cuadrada	177
Tabla 4.3.1: Clasificación del Asfalto de acuerdo a la viscosidad A 60 °C	182
Tabla 4.3.2: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices De malla cuadrada	191
Tabla 4.4.1: Valores permisibles para ensayos Marshall	196
Tabla 4.5.1: Distancias mínimas de visibilidad, para demarcación De zonas de prohibido adelantamiento	203
Tabla 4.5.2: Distancia mínima para la colocación de señales dobles En función de la velocidad de operación de la vía	208
Tabla 4.5.3: Dimensiones de los tableros de las señales verticales En (cm)	209

Tabla 4.5.4. Dimensiones de los elementos que conforman el poste de Soporte y los tableros de las señales verticales en (cm.)	210
Tabla 4.5.5: Distancia para la ubicación de señales preventivas en vía Rurales o en vías urbanas de jerarquía superior	212
Tabla 5.4.1: Especies de fauna identificadas en el proyecto	233
Tabla 5.5.1: Componentes Ambientales del Proyecto	235
Tabla 5.5.2: Actividades del Proyecto	235
Tabla 5.9.1: Medidas de Mitigación y Prevención de Impactos Potenciales	246

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ubicación Geográfica Cerecita	20
Figura 1.2: Ubicación Geográfica Tamarindo	20
Figura 1.3: Ubicación Geográfica La Bajada de Progreso	21
Figura 1.4: Límites del Área del proyecto	21
Figura 4.1: Distancia de Visibilidad de parada	48
Figura 4.2: Distancia de Visibilidad de adelantamiento en una Carretera de dos carriles dos sentidos	52

Figura 2.3.1: Sección Transversal de Cuneta	77
Figura 3.3.1: Sección Típica de Pavimento Flexible	91
Figura 3.3.2: Elementos de una curva horizontal	93
Figura 3.3.3: Estabilidad del vehículo en las curvas	96
Figura 3.3.4: Elementos de una Curva Vertical	107
Figura 3.4.1 y 3.4.2: Tractores de oruga	125
Figura 3.4.3 y 3.4.4: Retroexcavadora	126
Figura 3.4.5 y 3.4.6: Palas mecánicas	127
Figura 3.4.7 y 3.4.8: Motoniveladoras	128
Figura 3.4.9: Traíllas y Mototraíllas	129
Figura 3.4.10 y 3.4.11: Volquetes	130
Figura 3.4.12 y 3.4.13: Rodillos	131
Figura 3.4.14 y 3.4.15: Rodillos Pata de Cabra	133
Figura 3.4.20: Grafica de Diagrama de masas	140
Figura 4.1.1: Sección típica de un pavimento flexible	147
Figura 4.1.2: Distribución de esfuerzos de un pavimento flexible	148

Figura 4.1.3: Distribución de esfuerzos en pavimento rígido	150
Figura 4.5.1: Señales verticales – ubicación	207
Figura 4.5.2: Dimensiones internas de postes y tableros	211

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1/3:	Estudio Preliminar de la Vía CERECITA – TAMARINDO - BAJADA DE PROGRESO	Abscisa 0+000 – 1+100
Plano 2/3:	Estudio Preliminar de la Vía CERECITA – TAMARINDO - BAJADA DE PROGRESO	Abscisa 1+000 – 2+100
Plano 3/3:	Estudio Preliminar de la Vía CERECITA – TAMARINDO - BAJADA DE PROGRESO	Abscisa 2+060 – 2+665.13
Plano 1/3:	Diseño Definitivo de la Vía CERECITA – TAMARINDO - BAJADA DE PROGRESO	Abscisa 0+000 – 1+100
Plano 2/3:	Diseño Definitivo de la Vía CERECITA – TAMARINDO - BAJADA DE PROGRESO	Abscisa 1+000 – 2+100
Plano 3/3:	Diseño Definitivo de la Vía CERECITA – TAMARINDO - BAJADA DE PROGRESO	Abscisa 2+060 – 2+665.13
Plano 1/1:	Diagrama de Masas	Abscisa 0+000 – 2+665.13

INTRODUCCIÓN

Desde el principio de la existencia del ser humano se ha observado su necesidad por comunicarse, por lo que fue desarrollando diversos métodos para la construcción de caminos; desde los caminos a base de piedra y aglomerante, hasta nuestra época con métodos perfeccionados basándose en la experiencia que conducen a grandes carreteras de pavimento flexible o rígido.

Una carretera es un sistema que logra integrar beneficios, conveniencia, satisfacción y seguridad a sus usuarios; aumenta y mejora los recursos naturales de la tierra, el agua y el aire. Además colabora con el logro de los objetivos del desarrollo regional, industrial, comercial, residencial, recreacional y de salud pública.

El desarrollo de esta tesis presenta **el Estudio Preliminar y Diseño Vial con una Carpeta de Pavimento Flexible diseñada con el Método AASHTO 69**, que describe las definiciones de carretera y sus características, así como todas aquellas especificaciones necesarias para poder cumplir con los requisitos de diseños exigidos por el Ministerio de Obras Publicas (MOP). También se describen consideraciones ambientales, geográficas, económicas y sociales que intervienen en el diseño, que varían dadas las características del lugar, suelo y condiciones climatológicas.

Por último se presenta el presupuesto referencial, que puede servir como base para la futura construcción del mencionado proyecto.

CAPÍTULO I

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO

1.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El Honorable Consejo Provincial de Guayas, ha encaminado su esfuerzo para mejorar las condiciones de vida de los habitantes de esta provincia. Por lo que esta Institución ha elaborado varios proyectos viales en distintas zonas de la provincia para satisfacer las necesidades sociales, económicas, comerciales, y agrícolas de los habitantes, además dar mejor acceso vial para la comunicación entre poblaciones.

La Parroquia rural Juan Gómez Rendón (Progreso), perteneciente al cantón Guayaquil, provincia del Guayas, tiene una superficie aproximada de 31.453 HA, con un clima tropical templado con escasas precipitaciones en época invernal (de Enero a Abril) produciendo abundante y verde vegetación, el resto del año presenta un clima tropical seco. Su topografía

resalta un relieve irregular a pesar de esto posee pocos ríos y estos son intermitentes. [1] (ref. libro)

Esta parroquia se encuentra a 65 kilómetros al Oeste de la ciudad de Guayaquil, donde la mayoría de sus habitantes viven de la agricultura y la ganadería. Por este motivo se plantea un diseño vial que enlace los recintos **“Tamarindo”**, **“La Bajada de Progreso”** con la vía Interurbana Guayaquil – Salinas (Cerecita).

Actualmente los recintos **“Tamarindo”** y **“La Bajada de Progreso”** disponen de caminos vecinales por donde los habitantes y vehículos transitan. Pero estos no presentan las condiciones necesarias y suficientes que brinden confort a estas comunidades especialmente en épocas invernales, ya que no poseen ningún sistema de mantenimiento vial.

1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

Los Recintos **“Tamarindo”** y **“La Bajada de Progreso”** pertenecen a la parroquia rural Juan Gómez Rendón (Progreso) del cantón Guayaquil, provincia del Guayas.

El proyecto consta de dos tramos de vía: *El primero* que une la vía Interurbana Guayaquil – Salinas (Cerecita, Km 52) con el recinto **“Tamarindo”**, y el *segundo* que une el recinto Tamarindo con el recinto **“La Bajada de Progreso”**.

Los tramos del proyecto se encuentran ubicados entre las siguientes coordenadas geográficas:

Vía Interurbana Guayaquil – Salinas (Cerecita, Km 52):

Coordenadas (DMS): Latitud 2° 21'0" S; Longitud 80°16'60" O

Coordenadas (UTM): X= 581403; Y= 9741776 Z= 31.991

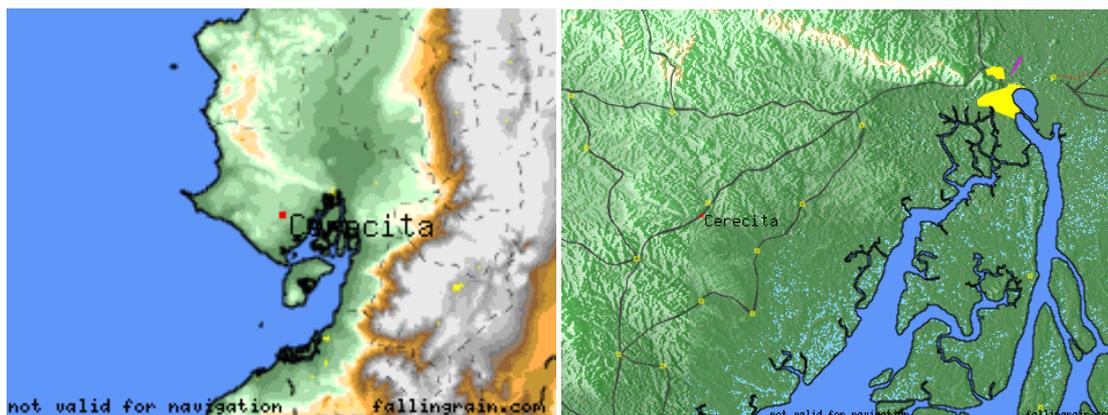


FIGURA 1.1: Ubicación Geográfica Cerecita

Fuente: Presentation Copyright © Falling Rain Genomics, Inc. 1996-2004

Recinto Tamarindo:

Coordenadas (DMS): Latitud 2° 19'60" S; Longitud 80°16'0" O

Coordenadas (UTM): X= 582090; Y= 9740847 Z= 32.075



FIGURA 1.2: Ubicación Geográfica Tamarindo

Fuente: Presentation Copyright © Falling Rain Genomics, Inc. 1996-2004

Recinto La Bajada de Progreso:

Coordenadas (DMS): Latitud 2° 21'0" S; Longitud 80°15'0" O

Coordenadas (UTM): X= 583432; Y= 9740976 Z= 29.331

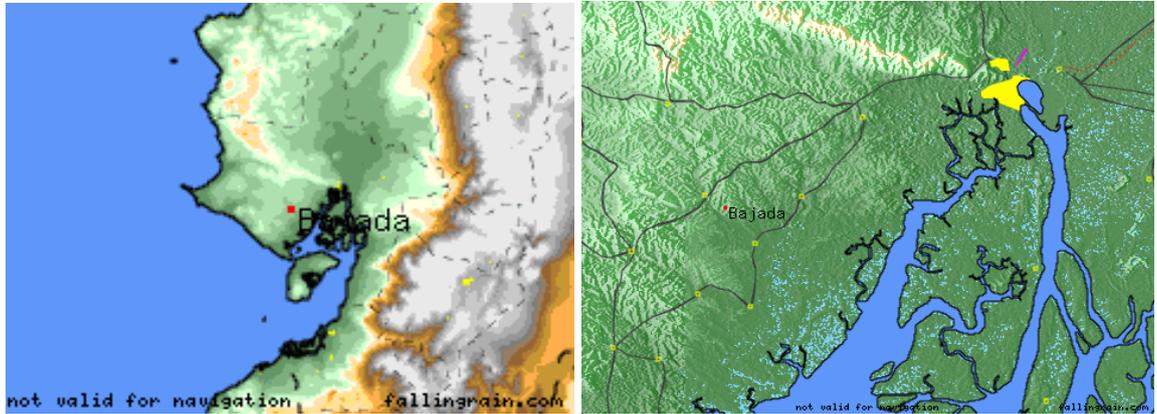


FIGURA 1.3: Ubicación Geográfica La Bajada de Progreso

Fuente: Presentation Copyright © Falling Rain Genomics, Inc. 1996-2004

La vía proyectada se encuentra limitada de la siguiente manera:

Norte: Cerecita

Sur: El recinto “Bajada de Progreso”

Este: Chongón

Oeste: La Cabecera Parroquial de Juan Gómez Rendón, Progreso.

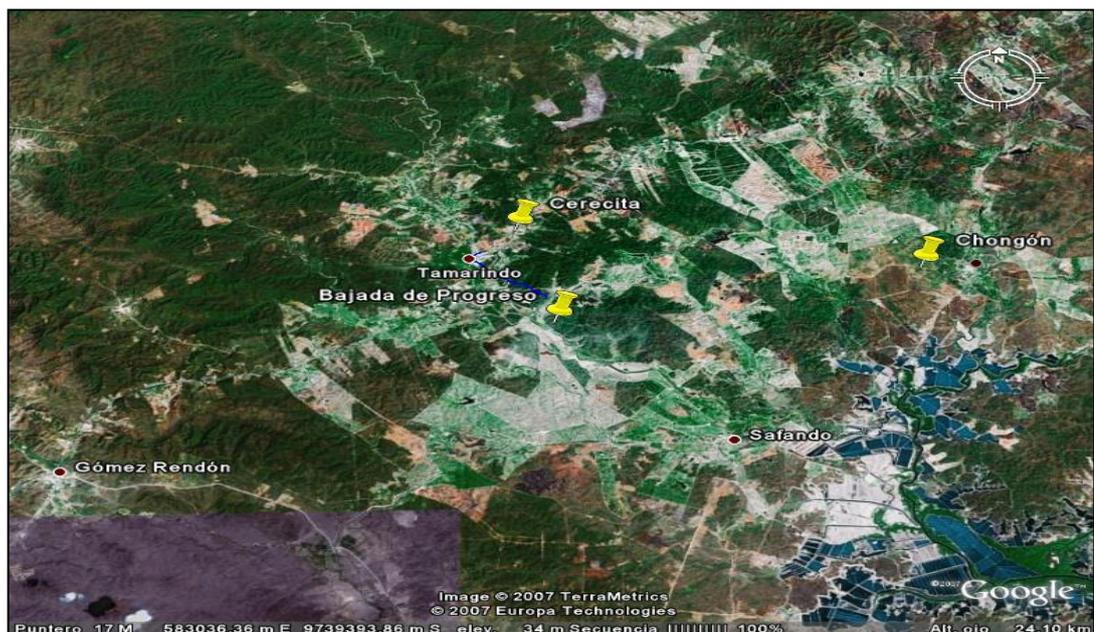


FIGURA 1.4: Límites del Área del proyecto

Fuente: Imagen 2007 Terrametrics

1.3 DESCRIPCIÓN DEL SITIO DEL PROYECTO

La parroquia rural Juan Gómez Rendón posee un clima tropical templado con vegetación verde y abundante en época de lluvia; escasa y amarilla en tiempo seco. Tiene un promedio anual de 20 °C a 35.5 °C y su precipitación anual es de 500mm a 1000mm. El sistema hidrográfico del área del proyecto está conformado principalmente por el río Grande y el Estero la Pansa.

La formación geológica comprende una litología sedimentaria, arcillas aluviales y areniscas. Su topografía presenta un relieve irregular y su población está asentada a 30 m.s.n.m. aproximadamente.

Los habitantes de estos recintos se han dedicado a la agricultura y ganadería debido principalmente a que el sector está incluido en el Plan Hidráulico del trasvase Daule - Sta. Elena, el que proporciona agua para el riego agrícola. Así como también se dedican al comercio, producto del turismo que conlleva la península de Santa Elena y demás balnearios.

Los recintos Tamarindo y la Bajada de Progreso están conformados por casas de caña, madera, hormigón y mixtas, las que disponen de energía eléctrica y red de distribución de agua potable. No cuentan con sistema de alcantarillado, por razón la población utiliza sistema de pozos sépticos; tampoco cuentan con servicio de recolección de basura, debido a esto los desperdicios son arrojados en quebradas produciendo contaminación, alteraciones ambientales y por ende un desequilibrio ecológico.

CAPÍTULO II

2. ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1 CLASIFICACIÓN DEL CAMINO

Uno de los procedimientos más importantes a considerar para un diseño vial, es la clasificación de los caminos que pueden ser según sus objetivos, materiales, y de acuerdo al tráfico.

Dentro del estudio para la planificación de un proyecto vial se debe tener presente el uso que prestara la carretera proyectada, debido a que esta debe tener la capacidad estructural suficiente para absorber las cargas impuestas por los vehículos.

Para este proyecto se ha clasificado la vía de acuerdo al tráfico, es decir el número de vehículos a los que prestará servicio.

2.1.1 **Tráfico**

Es la circulación de vehículos que pasan por un tramo de la carretera o caminos en un determinado intervalo de tiempo.

Los intervalos más usados son: vehículo/ hora, vehículo/ día, vehículo/ semana.

2.1.2 **Tráfico Promedio Diario Anual (T.P.D.A.)**

La unidad generalmente usada para medir el tráfico es el T.P.D.A (Tráfico Promedio Diario Anual) y es el volumen medido durante un año dividido para 365 días.

La capacidad de un camino admite un volumen máximo de trabajo para ser considerado eficiente, es importante también conocer los volúmenes de tráfico porque son una medida de capacidad de nuestros caminos, además los diseños se basan en una predicción del tráfico a 15 o 20 años de vida útil de la infraestructura por lo tanto el TPDA proyectado para ese periodo será:

$$TPDA_{proyectado} = Tp + Td + Tg \quad (2.1.1)$$

Donde:

Tp = Tráfico Proyectado

Td = Tráfico Desviado

Tg = Tráfico Generado

Tráfico proyectado: Uno de los factores más importantes para el cálculo del T.P.D.A, es estimar el volumen de tránsito que circula y que circulará a lo largo de la vida útil de la vía.

El tráfico proyectado es el pronóstico del volumen de tráfico actual que se encuentra en función de la tasa de crecimiento poblacional de la región, donde se desarrolla la vía. Para este caso tomaremos la siguiente ecuación que es un modelo de crecimiento exponencial.

$$Tp = Ta (1 + i)^n \quad (2.1.2)$$

Donde:

Tp : Tráfico proyectado

Ta : Tráfico actual (transformado a vehículo de diseño)

i : Tasa de crecimiento vehicular

n : Periodo de proyección (en años)

Tráfico generado: Es el que se origina por la novedad que ofrece la carretera a la mejora de la existente, es decir el uso de la carretera por novedad y no por necesidad, además se estima que este tráfico se produce en un tiempo de 2 a 3 años y que corresponde a un 25% del tráfico proyectado.

$$Tg = 0.25 * Tp \quad (2.1.3)$$

Tráfico desviado: Es aquel, atraído desde otra carretera una vez que entra en servicio la nueva carretera o mejora de la misma, ya sea por ahorro en tiempo, combustible, etc. Este tráfico se estima que es un 20% del tráfico proyectado.

$$Td = 0.20 * Tp \quad (2.1.4)$$

2.1.3 Tipo de Vehículo

En cuanto a la operación del tráfico este es efectuado por vehículos de diferentes tamaños y pesos. Los vehículos pueden agruparse en cuatro tipos:

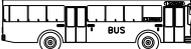
TIPOS DE VEHICULOS	
LIVIANO	
MEDIANO	
PESADO	
ESPECIALES	

TABLA 2.1.1: Tipo de vehículos

Vehículos Livianos: Son aquellos vehículos menores a 5 toneladas de capacidad, tales como los automóviles, las camionetas, las camperas (JEEP).

Vehículos Medianos: Son parte de los vehículos pesados entre ellos tenemos los que pesan entre 5 y 20 toneladas como los camiones de doble eje (2S) y buses.

Vehículos Pesados: Son aquellos que tienen uno o más ejes de doble llanta. La clasificación general de vehículos pesados incluye camiones de tres ejes (3S), tractocamiones o trailers de tres, cuatro, cinco y seis ejes o sea 2-S1, 2S2, 3S2, 3S3, etc. En caso de que haya un porcentaje significativo de remolque o semirremolque, tiene un peso mayor de 20 toneladas.

Vehículos Especiales: Son aquellos cuyas características son variables como camiones y/o remolques especiales, maquinaria agrícola, maquinaria de construcción, motocicletas.

2.1.4 Vehículos de Diseño

El vehículo de diseño es el tomado como base para poder calcular el tráfico existente del proyecto y se encuentra relacionado a una transformación de carga promedio y sus equivalentes son:

4 livianos = 1 vehículo de diseño

1 pesado = 1 vehículo de diseño

1 doble traller = 2.5 vehículos de diseño

Por tratarse de una vía por donde circulan casi en su totalidad vehículos ligeros y camiones se empleará la primera transformación (4 livianos = 1 vehículo de diseño y 1 pesado = 1 vehículo de diseño).

2.1.5 Tráfico Actual y Tráfico Futuro

Tráfico Actual: Es el número de vehículos (reducido al vehículo de diseño) contados en un sitio determinado en los dos sentidos de circulación durante 24 horas del día en el tiempo de un año dividido para 365 días.

Para determinar el Tráfico Actual lo ideal es obtener datos de una estación de conteo permanente, para conocer las variaciones diarias, semanales y estacionarias, además convendría disponer de datos por un periodo de varios años para pronosticar el crecimiento del tráfico.

Pero como no es usual ni práctico obtener estaciones de conteo permanentes se puede estimar el TRÁFICO ACTUAL semanal efectuando un conteo por muestreo de 24 horas diarias durante por lo menos 3 días a la

semana incluyendo sábado y domingo. Este muestreo debe ser en los meses y semanas más representativos del año para conocer las variaciones estacionales máximas y mínimas.

Los resultados que se obtienen en el campo son procesados para realizar los ajustes necesarios y así obtener el tráfico actual semanal.

Tráfico Futuro: El pronóstico del volumen y composición del tráfico futuro se basa en el tráfico actual. Los diseños se basan en una predicción del tráfico de 15 o 20 años y el crecimiento previsto incluye el crecimiento normal del tráfico. Estas proyecciones se usan para la clasificación de las carreteras e influyen en la determinación de la velocidad de diseño y de los demás datos geométrico del proyecto.

2.1.6 Clasificación de las Carreteras de acuerdo al T.P.D.A.

Para la determinación del tipo de carretera es importante conocer el tráfico actual (volúmenes y tipos de vehículos), en base a un aforo de tráfico que es un método de conteo de vehículos por medio del cual se determina los volúmenes de tráfico real del flujo vehicular analizado. Este conteo se lo puede realizar a través de contadores ya sean automáticos o manuales. Este aforo se lo realiza en los días más representativos durante las horas laborables considerando las de mayor demanda con el propósito de poder obtener datos reales.

Para la presente Tesis el conteo se realizó los días 11, 13 y 14 de Abril del 2007, los resultados fueron procesados con el objeto de conocer la relación que existe entre los volúmenes de tránsito de los días ordinarios respecto a los correspondientes a los fines de semana y realizar los ajustes respectivos para obtener el TPDA semanal.

A continuación se presenta un resumen con los datos registrados del aforo de tráfico realizado:

Tipo de Vehículo	D I A S			PROMEDIO
	Miércoles	Viernes	Sábado	
	4/11/2007	4/13/2007	4/14/2007	
Livianos	240	241	226	236 VEH/DIA
Pesados	27	28	31	29 VEH/DIA

Para poder obtener la tasa de incremento vehicular proyectado se usará la tabla 2.1.2.

TASAS DE CRECIMIENTO DEL TRAFICO			
PERIODO	LIVIANO	BUSES	CAMIONES
2000 - 2005	3,75%	1,99%	2,24%
2006 - 2010	3,37%	1,80%	2,02%
2011 - 2023	3,06%	1,63%	1,84%

TABLA 2.1.2: Tasas de crecimiento del tráfico
Fuente: MOP.- Departamento Vial

Para el diseño de carreteras en el país, se recomienda la siguiente calificación en función del pronóstico del tráfico para un período de 15 o 20 años (**ANEXO 2.1**).

A continuación se presentará un resumen del cálculo del T.P.D.A proyectado para un periodo de 20 años:

TIPO DE VEHICULO	TRAFICO					
	EXISTENTE	ACTUAL	PROYECTADO	DESVIADO	GENERADO	TPDA
LIVIANO	59	74	135	27	7	168
PESADO	29	36	50	10	3	63
					TOTAL	231

Es decir que El T.P.D.A. para un periodo de 20 años es de **231 Veh/día**.

Según el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones ha establecido una clasificación para las vías de acuerdo al TPDA, el mismo que se adjunta a continuación.

CLASE DE CARRETERA	TRÁFICO PROYECTADO
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3,000 a 8,000
II	De 1,000 a 3,000
III	De 300 a 1,000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

TABLA 2.1.3: Clasificación de las carreteras en función del tráfico proyectado según el MOP
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

* El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse el tráfico en vehículos equivalentes.

2.2 ESTUDIO DE LA RUTA

2.2.1 Reconocimiento de Campo

En este proyecto se realizó un reconocimiento terrestre donde se pudo establecer longitudes, orientaciones, altitudes, pendientes, puntos importantes, banco de materiales, posibilidad de drenaje y toda información adicional que permita evaluar y comparar las distintas alternativas de ruta.

Para efectuar un buen reconocimiento de campo es necesario el siguiente equipo: brújula, clinómetro, binoculares, y cámara fotográfica. La brújula le servirá para tomar los rumbos de los ríos, cañadas, caminos o veredas que atraviesan su ruta, así como el rumbo general de la línea que va a estudiar. El clinómetro para determinar las pendientes que tendrá la ruta. Los binoculares para poder observar las diferentes formaciones que se atraviesan a lo largo de la ruta y ver si es posible encontrar otros puntos en mejores condiciones. La cámara fotográfica le permitirá contar con fotografías de los sitios que se considere conveniente incluir en los informes que se presenten después del reconocimiento.

En Febrero del 2007, se realizó el respectivo reconocimiento del sector donde se elaborará el proyecto, se tomó fotografías y se pudo recopilar la siguiente información in situ.

En el área donde se hará el proyecto existe camino de una longitud aproximada dos kilómetros 800 metros.

Por existir varias depresiones, elevaciones de poca altura, pero de grandes longitudes en el sitio, se lo considera como un terreno ondulado. El sector es netamente agrícola por ese motivo existen varias haciendas; es esencialmente una vía de comunicación para el transporte de productos agrícolas hacia los mercados de consumo, junto con las carreteras locales contribuye a distribuir el tráfico que circula por las carreteras troncales.

También existe un puente de 12 metros de longitud que sirve para pasar un canal de agua. Además se ubicó las diferentes alcantarillas que existen en la zona del proyecto. Como información adicional existen 2 escuelas, canchas múltiples y una pequeña capilla.



Fotografía #1: Vía Interurbana Guayaquil – Salinas (Cerecita),
abscisa. 0+000



Fotografía #2: Camino vecinal desde el enlace con la vía Interurbana Guayaquil – Salinas
(Cerecita) hasta el Recinto Tamarindo, abscisa desde 0+000 hasta 0+100



Fotografía #3: Cancha de Futbol, abscisa 0+600



Fotografía #4: Puente existente L= 12,00 metros, abscisa 2+430



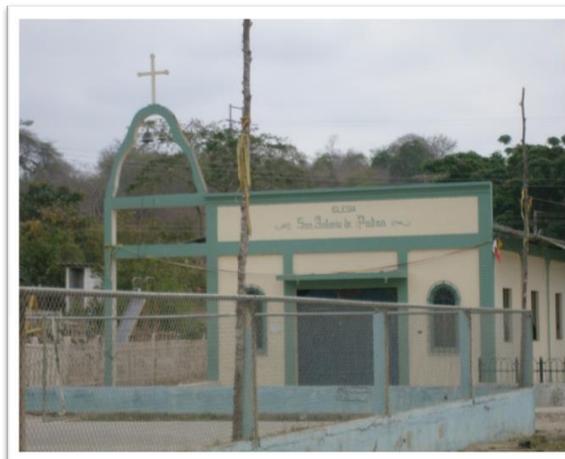
Fotografía #5: Letrero donde se indica la llegada al Recinto Bajada de Progreso, abscisa 2+445



Fotografía #6: Llegada al Recinto Bajada de Progreso, abscisa desde 2+445 hasta 2+480



Fotografía #7: Alcantarilla existente, abscisa 2+560



Fotografía #8: Iglesia San Antonio de Padua perteneciente al Recinto Bajada de Progreso, abscisa 2+620

2.2.2 Revisión Actual de la Vía

La carretera a proyectarse tiene una longitud aproximada de dos kilómetros 800 metros que fue dada por el odómetro de un vehículo dividido en dos tramos de la siguiente manera:

Desde la vía Guayaquil – Salinas (Cerecita) “abscisa 0+000” hasta el Recinto Tamarindo de 1 kilómetro 500 metros “abscisa 1+500”; y desde el Recinto Tamarindo “abscisa 1+500” hasta el Recinto Bajada del Progreso de 1 kilómetro 300 metros “abscisa 2+800”.

En la actualidad sobre la vía proyectada existe un camino vecinal donde la superficie es un lastre mal graduado hasta la altura del Recinto Tamarindo, luego cambia el material a una arena limosa hasta el Recinto Bajada del Progreso, por donde transitan camiones destinados al transporte de productos agrícolas para poder venderlos en los mercados.



Fotografía #9: Camino vecinal existente, abscisa desde 0+200 hasta 0+260

En la abscisa 0+000 se encuentra la Vía Interurbana Guayaquil – Salinas aproximadamente el kilómetro 53 donde se asienta el recinto Cerecita, siguiendo la vía a proyectarse, en la abscisa 0+380 lado izquierdo encontramos la hacienda Malena, a la altura de la abscisa 0+600 lado izquierdo encontramos una cancha de futbol y del lado derecho un complejo. Desde la abscisa 0+750 hasta 0+800 encontramos cultivos de maíz. A partir de la abscisa 1+300 se encuentra asentado el Recinto Tamarindo donde existe una pequeña población donde constan casas y una pequeña escuela.



Fotografía #10: Hacienda Malena, abscisa 0+350

Siguiendo por el Recinto Tamarindo hacia el Recinto Bajada de Progreso a la altura de la abscisa 0+2400 se encontró un puente de 12 metros de longitud 7 metros y finalmente desde la abscisa 2+500 comienza el Recinto Bajada de Progreso, donde se encontró varias casas una cancha de usos múltiples, una escuela, una pequeña capilla.

Cabe mencionar que el ancho de este camino lastrado varía desde 3.5 a 6 metros en todo el recorrido de la vía.

2.3 ESTUDIO TOPOGRÁFICOS

La localización de una carretera y su diseño están altamente influenciados por la topografía, características geológicas y uso de las tierras, factores que intervienen de una manera predominante en la selección de las rutas; sin embargo todos se inician a partir de mediciones en el terreno, necesarias para elaborar planos, que servirán para la realización de un proyecto de ingeniería, el mismo que deberá ser replanteado en base al levantamiento inicial.

Dado que la topografía, la geología y el uso de la tierra tienen un efecto pronunciado en la localización y determinación del tipo de carretera, debe

obtenerse desde un principio información relativa a ello como por ejemplo alineamientos en mapas a escala 1:20000 – 1:50000, hojas topográficas, alineamientos en fotografías aéreas, reconocimiento en el campo, etc. Esta información, junto con datos de tráfico y vehículos, constituyen los mayores controles para la localización y el diseño de las carreteras.

Cuando se trata de estudios en terrenos ondulados, escarpados o montañosos, se recomienda que como un complemento a la fase Preliminar se realice el levantamiento planimétrico y altimétrico de una faja topográfica donde se efectuará el diseño geométrico, horizontal a escala 1.000 y vertical a escala 100.

2.3.1 Topografía del Eje

Para este proyecto se ha realizado un levantamiento taquimétrico que es una combinación de los levantamientos planimétrico y altimétrico a base de mediciones indirectas tomadas a estadia con un teodolito.

Este tipo de levantamiento es el más común para realizar un bosquejo del sitio donde se construirá la carretera en su estado actual; con el fin de tener una mejor apreciación del lugar, para poder analizar y elegir la mejor alternativa que satisfaga las necesidades del proyecto.

El levantamiento topográfico se realiza a partir de un BM permanente o provisional que determina la cota de estación de partida, a lo largo de la línea principal (poligonal abierta) en la que se obtienen datos cada 50 metros a lo largo de ella, será medido a mira y ángulos dobles (doble lectura para poder ser chequeados).

En cada estación de la poligonal se colocará estacas a nivel del terreno y referenciarlas a fin de no perder los puntos. De igual cada 50 metros deberán colocarse estaquillas para localizarlas y efectuar los perfiles transversales.



Fotografía #11: Estación O, abscisa desde 0+920

Además se levantará detalles existentes como casas, haciendas, alcantarillas, etc., durante el comienzo, final y todo el recorrido del polígono.

Cabe recalcar que antes de esta fase del proyecto fue necesario realizar un arrastre de cotas desde de un punto de origen de referencia verdadero (HITO IGM) hasta la zona en estudio, con la finalidad de obtener cotas verdaderas en la nivelación geométrica que se realice en la vía.



Fotografía #12: Nivelación Geométrica compuesta, arrastre de cotas desde IGM hasta la zona del proyecto BM #1



Fotografía #13: IGM hito verdadero

Además, se han dejado posicionados tres BM en la vía de proyecto, los mismos que servirán de referencia para futuros trabajos de ingeniería.



Fotografía #14: BM #1 la cota fue de 32.823, abscisa 0+000

Las libretas taquimétricas, arrastre de cotas del proyecto y libreta de coordenadas de las estaciones de la poligonal están situadas en **ANEXOS 2.3.1.**

2.3.2 Topografía Transversal

Luego de realizar la poligonal taquimétrica se tomará secciones transversales en forma perpendicular cada 50 metros y en cada estación del polígono por medio de un clinómetro, mira, nivel midiendo la pendiente del terreno o su ángulo vertical, cuando las pendientes transversales son fuertes se toma los perfiles con teodolito fijando en el círculo vertical ángulos de elevación o depresión y midiendo las distancias a estadia.



Fotografía #15: Levantamiento topográfico con clinómetro y mira o estadia para las secciones transversales, abscisa 2+200

En cada sección transversal se tomará lecturas cada 10, 20, 30, 40, 50 metros de la poligonal a la izquierda y la derecha según como se presente la orografía del terreno, y en cada estación se medirá una bisectriz, para obtener información.

La poligonal taquimétrica se encarga de dar cotas de los puntos del eje de la poligonal, y con estas se procederá a calcular las cotas de las secciones transversales.

Las secciones transversales son necesarias para establecer la mejor alineación para la construcción de un camino, permiten obtener volúmenes de excavación y relleno.

Se presentarán las libretas donde constan todas las cotas de las secciones transversales en **ANEXOS 2.3.2.**

2.3.3 *Estudio de la Ruta*

En base a las cotas de los puntos del eje nivelados y los perfiles de las secciones transversales se emplea diferentes escalas para el dibujo y representación de las distancias y cotas en el perfil longitudinal; en cambio los perfiles transversales en los que las distancias y cotas no difieren sustancialmente, se emplea la misma escala en el dibujo de cotas y distancias.

Con toda esta información se procede a la elaboración de la ruta de diseño por donde pasará la vía, que consiste en sobre el dibujo del trazo preliminar crear una ruta a base de mover o quitar puntos de acuerdo a las características que presenta el proyecto de la poligonal taquimétrica elaborada anteriormente. Cabe recalcar que esta fase del proyecto se la realiza en oficina.

Luego de obtener la ruta de definitiva se procede a efectuar el diseño definitivo que abarca el diseño geométrico de la vía, tal como se verá en el capítulo 3.

2.4 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

2.4.1 Velocidad

La velocidad es uno de los factores esenciales en cualquier forma de transporte, ya que depende del tiempo que se gasta en la operación de traslado de personas o cosas. La velocidad depende de las siguientes consideraciones:

La capacidad del conductor y la del vehículo.

Las características de la carretera y de las zonas aledañas.

Las condiciones del tiempo.

La presencia de otros vehículos en la vía.

Las limitaciones legales y de control.

Al diseñar una carretera se debe tratar de satisfacer las demandas de servicio al público en la forma más segura y económica, el ideal sería lograr una velocidad más o menos uniforme, aunque esta no sería la máxima permitida por los vehículos.

2.4.1.1 Velocidad de Diseño:

Es la velocidad que se escoge para diseñar los elementos de la vía que influyen en la operación de los vehículos, es la máxima velocidad segura en un trayecto de vía donde las demás condiciones son tan buenas que predominan las características físicas de la misma.

Dada esta velocidad, todos los elementos de la carretera se deben relacionar para obtener un diseño óptimo y equilibrado.

Algunos de los elementos de la vía, como el Radio de Curvatura, son función de la velocidad de Diseño; otras como el ancho del carril, no depende directamente de ella, pero afecta a la velocidad de operación de los vehículos.

La selección de la Velocidad de Diseño depende principalmente de las características del terreno, la magnitud de la obra y de las consideraciones económicas. Así, se escoge altas velocidades de diseño cuando la carretera se localiza en Terrenos Planos o Llanos (LL), Terreno Ondulados (O), en campo abierta lejos de ciudades o en vías muy importante debido al volumen de tráfico que van a servir; no así en una carretera en Terreno Montañoso (M), en la Tabla 2.4.1 se muestran las velocidades de diseño para los tipos de terrenos y de la importancia que va ha ser diseñada la vía.

CLASE DE CARRETERAS	VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
	LL	O	M	LL	O	M
R I o R II	120	110	90	110	90	80
I	110	100	80	100	80	70
II	110	100	80	100	80	60
III	100	80	60	90	70	50
IV	90	70	60	80	60	40
V	70	60	50	50	40	40

TABLA 2.4.1: Velocidad de diseño según el MOP
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

De acuerdo a nuestras condiciones de diseño nos corresponde:

CLASE DE CARRETERA:	IV
TERRENO:	Ondulado
VALOR RECOMENDABLE:	70 km/h
VALOR ABSOLUTO:	60 km/h

Por lo tanto la velocidad de diseño es **70 Km/hora**

2.4.1.2 Velocidad de Circulación:

Es la velocidad real de un vehículo en un tramo específico de la carretera; su valor se la obtiene dividiendo la distancia recorrida por el tiempo en que el vehículo se mueve para recorrer ese tramo. Esta es la velocidad que da la medida del servicio que presta la carretera y permite evaluar los costos y los beneficios de los usuarios.

Se llama Velocidad Total de Viaje al valor obtenido dividiendo la distancia recorrida por el tiempo total de viaje, incluidas las paradas y demoras. Cuando esta se elimina, esta velocidad se hace igual a la velocidad de circulación.

Una manera de obtener la velocidad de circulación promedio de una carretera consiste en medir la velocidad promedio en un punto, o sea, el promedio de las velocidades de todos los vehículos que pasan por ese punto.

La relación que existe entre la velocidad de diseño y la velocidad de circulación para el caso de volúmenes de tráfico bajos (TPDA<1000), está dada por la ecuación 2.4.1

$$V_c = 0.8 V_d + 6.5 \quad (2.4.1)$$

Donde:

V_c = Velocidad de Circulación (Km/h)

V_d = Velocidad de diseño (Km/h)

La velocidad de circulación disminuye conforme aumenta el volumen de tráfico ($1000 < TPDA < 3000$), debido a la interferencia creada entre los vehículos, para este caso se obtiene la ecuación 2.4.2

$$V_c = 1.32 V_d^{0.85} \quad (2.4.2)$$

Del proyecto se ha obtenido:

TPDA:	231 Veh/dia
V_c :	$0.8 V_d + 6.5$
V_c :	62.5 Km/h

La tabla 2.4.2 muestra la relación entre velocidad de diseño con la velocidad de circulación:

VELOCIDAD DE DISEÑO V_d (km/h)	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN PROMEDIO (V_c)	
	VOLUMEN DE TRÁFICO	VOLUMEN DE TRÁFICO
	T.P.D.A < 1000 $V_c = 0.8 * V_d + 0.65$	T.P.D.A < 1000 $V_c = 0.8 * V_d + 0.65$
40	39	35
50	47	43
60	55	50
70	63	58
80	71	66
90	79	73
100	87	79
110	95	87
120	103	95

TABLA 2.4.2: Valores de velocidad de Circulación promedio según MOP
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

2.4.2 Visibilidad

Se define la distancia de visibilidad como la longitud de una carretera visible a un conductor bajo condiciones expresa. La velocidad y la distancia de visibilidad están estrechamente relacionadas.

La capacidad de visibilidad es de importancia en la seguridad y eficiencia de la operación de vehículos en una carretera. La distancia de visibilidad se discute en dos aspectos:

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

2.4.2.1 Visibilidad de Parada:

Línea de Visibilidad Vertical: Se considera que la altura del objeto sobre la calzada debe ser igual a cero para la medida de la distancia de visibilidad para parada en condiciones de seguridad; o sea, la superficie de la calzada debe ser visible al conductor a lo largo de dicha distancia. Sin embargo, por razones de economía reflejada en el acortamiento de las curvas verticales, se recomienda adoptar una altura del objeto u obstáculo igual a 15 centímetros para la medida de esta distancia de visibilidad, como en el caso de las curvas verticales convexas.

Línea de Visibilidad Horizontal: La distancia de visibilidad para parada se mide desde una altura de 1.15 metros para el ojo del conductor, hasta una altura de 15 centímetros para el objeto sobre la calzada. Se considera que la línea de visibilidad en el punto de obstrucción de la vista es de 0.60 metros más alto que el nivel del centro del carril interno.

2.4.2.2 Efecto de las Gradientes:

Las gradientes influyen en la distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, en lo que se refiere a la distancia de frenaje. En este caso, la mencionada distancia está expresada por la siguiente fórmula:

$$dvp = 0.7 * Vc + \frac{Vc^2}{254 (f \pm G)} \quad (2.4.3)$$

Donde:

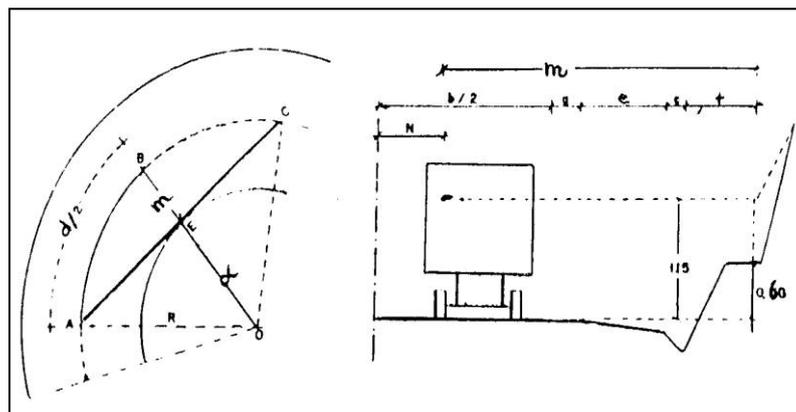
dvp = Distancia de visibilidad de parada

Vc = Velocidad de circulación

f = Coeficiente de Fricción longitudinal

G = % de gradiente dividido entre 100 (positivo para gradientes cuesta arriba y negativo para gradiente cuesta abajo)

2.4.2.3 Distancia de Visibilidad en las Curvas Horizontales



La existencia de obstáculos laterales, tales como murallas, taludes en corte, edificios, etc., sobre el borde interno de las curvas, requiere la provisión de una adecuada distancia de visibilidad.

$s = d_{vp} =$ distancia de visibilidad de parada

$m =$ Distancia mínima desde el eje de circulación del carril interior hasta la parte más saliente de cualquier obstáculo.

Si la distancia m no es mínima entonces hay que hacer un trabajo de corte de talud o desbroce de vegetación.

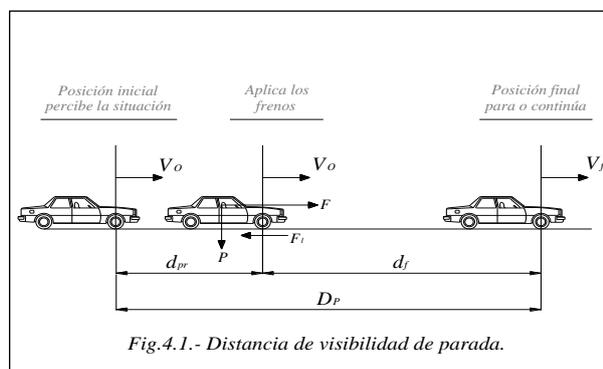
VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h	RADIOS (M)											
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
40	2.5	1.25	0.75	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4	0.3	0.25	0.25	0.2
50	4.25	2.25	1.5	1.2	0.75	0.75	0.7	0.7	0.5	0.5	0.45	0.4
60	6.75	3.5	2.3	1.75	1.4	1.4	1	0.9	0.75	0.75	0.6	0.6
70	8.25	6	3.4	2.5	1.8	1.8	1.5	1.25	1.2	1	0.9	0.7
80		7.5	6	3.75	2.5	2.5	2.3	2	1.6	1.5	1.4	1.25
90			8.25	6	4	4	3.9	3	2.7	2.4	2.25	2.1
100				7.8	5.75	5.75	4.6	4	3.6	3.2	2.9	2.8
110					7.5	7.5	6.4	5.25	5	4.5	4.1	3.7

TABLA 2.4.3: Distancia mínima de visibilidad para diferentes radios y velocidad de diseño

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

2.4.2.4 *Distancia de Visibilidad de Parada*

La distancia de visibilidad de parada es la distancia mínima necesaria para que un conductor que transita a ó cerca de la velocidad de diseño, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él (Fig. 4.1). Por lo tanto es la mínima distancia de visibilidad que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera.



Se considera para el cálculo una altura de obstáculo mínimo de 0.15 m y que la altura del ojo del conductor mínimo es de 1.14 m.

La mínima distancia de visibilidad (d) para la parada de un vehículo es igual a la suma de dos distancias; una, la distancia (d_1) recorrida por el vehículo desde el instante en que el conductor avizora un objeto en el camino hasta la distancia (d_2) de frenaje del vehículo, es decir, la distancia necesaria para que el vehículo pare completamente después de haberse aplicado los frenos.

Estas dos distancias corresponden al tiempo de percepción y reacción, y al recorrido del vehículo durante el frenaje, respectivamente, o sea:

$$D_{vp} = d_1 + d_2 \quad (2.4.4)$$

El tiempo de percepción es muy variable de acuerdo al conductor y equivale a 1,5 segundos para condiciones normales de carretera, de acuerdo a varias pruebas realizadas por la AASHTO. Por razones de seguridad, se debe adoptar un tiempo de reacción suficiente para la mayoría de los conductores y equivalente a un segundo. De aquí que el tiempo total de percepción más reacción hallado como adecuado, se lo considera igual a 2,5 segundos para efectos de cálculo de la mínima distancia de visibilidad en condiciones de seguridad (para el 90% de los conductores según la AASHTO).

La distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción se calcula por la siguiente fórmula:

$$d_1 = 0,7 VC \quad (2.4.5)$$

Donde:

d₁ = distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción, expresada en metros.

V_C = velocidad de circulación del vehículo, expresada en Km/h.

t = tiempo de percepción más reacción en segundos.

La distancia de frenaje se calcula utilizando la fórmula de la “carga dinámica” y tomando en cuenta la acción de la fricción desarrollada entre las llantas y la calzada.

$$d_2 = \frac{V_c^2}{254 f} \quad (2.4.6)$$

Donde:

V_c = Velocidad de Circulación (Km/h)

f = Coeficiente de fricción

Coeficiente de Fricción Longitudinal: Las pruebas realizadas por la AASHTO indican que el coeficiente de fricción longitudinal (f) no es el mismo para las diferentes velocidades, pues decrece conforme aumenta la velocidad, dependiendo también de varios otros elementos, tales como la presión del aire de las llantas, tipo de llantas, presencia de humedad y tipo de pavimento, siendo de mayor significación, especialmente para altas velocidades, el sistema de frenos del vehículo.

La variación del coeficiente de fricción longitudinal (f) para pavimentos mojados se indica en la siguiente ecuación:

$$f = \frac{1,15}{V_c^{0,3}} \quad (2.4.7)$$

En donde:

f = coeficiente de fricción longitudinal.

V_c = velocidad de circulación del vehículo, expresada en kilómetros por hora (en función de la velocidad de diseño del camino)

Del proyecto se obtiene:

$d_1 =$	43.75 metros
$f =$	0.33
$d_2 =$	46.24 metros
$d_{vp} = d_1 + d_2 =$	89.99 metros

En tabla 2.4.4 se consignan los diversos valores de diseño para las distancias de visibilidad para la parada del vehículo, que se recomienda sean aplicados en el país, y en la tabla 2.4.5 se indica el procedimiento de cálculo.

CLASE DE CARRETERA	VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
	LL	O	M	LL	O	M
R-I O R-II	220	190	140	190	160	110
I	190	160	110	160	110	90
II	190	160	110	160	110	75
III	160	110	75	140	90	60
IV	140	90	75	110	75	45
V	90	75	60	90	45	45

TABLA 2.4.4: Valores de diseño para las distancia de visibilidad mínima de parada de un vehículo

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

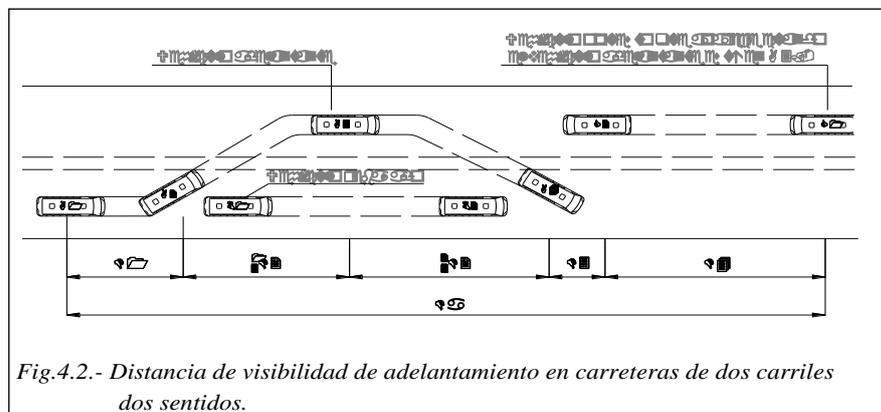
Notas:

- Los valores recomendables se emplearán cuando el TPDA es cercano al límite superior de la respectiva categoría.
- Los valores absolutos se emplearán cuando el TPDA es cercano al límite inferior de la respectiva categoría y/o el relieve sea muy difícil (escarpado).

Velocidad de diseño (km/h) Vd	Velocidad de circulación (km/h) Vc	Percepción más reacción para frenado		Coeficiente de fricción (f)	Distancia de frenado gradiente 0% d₂	Distancia de visibilidad (m) dvp
		t₁	d₁			
40	39	2.5	27.1	0.384	15.6	45
50	47	2.5	32.7	0.362	24	60
60	55	2.5	38.2	0.344	34.6	75
70	63	2.5	43.8	0.332	47.1	90
80	71	2.5	49.4	0.32	61.8	110
90	79	2.5	55.3	0.31	79.26	140
100	87	2.5	60.5	0.301	99	160
110	95	2.5	66.5	0.293	121.3	190
120	103	2.5	72.1	0.287	145.5	220

TABLA 2.4.5: Distancia de visibilidad mínima de parada de un vehículo
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

2.4.2.5 *Distancia de Visibilidad para Rebasamiento de un Vehículo*



Se determina en base a la longitud de carretera necesaria para efectuar la maniobra de rebase en condiciones de seguridad. Para el cálculo de distancia mínima de rebase de carreteras de dos carriles, se asume lo siguiente:

El vehículo rebasado circula con velocidad uniforme.

Cuando llega a la zona de rebasamiento, el conductor del vehículo rebasante requiere de corto tiempo para percibir dicha zona y reaccionar iniciando la maniobra.

El vehículo rebasante acelera durante la maniobra y su velocidad promedio durante la ocupación del carril izquierdo es de 16 Km./h, mayor a la del vehículo rebasado.

Cuando el vehículo rebasante regresa al carril del lado derecho, existe un espacio suficiente entre dicho vehículo y otro que viene en sentido contrario por el otro carril.

Esta distancia de visibilidad para rebasamiento está constituida por la suma de cuatro distancias parciales que son:

d_1 = Distancia recorrida por el vehículo rebasante en el tiempo de percepción reacción y durante la aceleración inicial hasta alcanzar el carril izquierdo de la carretera.

d_2 = Distancia recorrida por el vehículo rebasante en el tiempo que ocupa el carril izquierdo

d_3 = Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido contrario durante dos tercios del tiempo empleado por el vehículo rebasante, mientras usa el carril izquierdo; es decir $\frac{2}{3} d_2$. Se asume que la velocidad del vehículo que viene en sentido opuesto es igual a la del vehículo rebasante.

d_4 = Distancia entre el vehículo rebasante y el vehículo que viene en sentido opuesto, al final de la maniobra.

$$D_r = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad (2.4.8)$$

$$d_1 = 0.14 t_1 (2 V_d - 2m + a t_1) \quad (2.4.9)$$

$$d_2 = 0.28 V_d t_2 \quad (2.4.10)$$

$$d_3 = (2/3) d_2 \quad (2.4.11)$$

Donde:

d_1, d_2, d_3 = Distancia expresadas en metros.

t_1 = Tiempo de maniobra inicial, expresadas en segundos

t_2 = Tiempo durante la cual el vehículo rebasante ocupa el carril izquierdo expresados en segundos.

V_d = Velocidad de diseño del vehículo rebasante (km/h).

m = Diferencia de velocidades entre el vehículo rebasante y el vehículo rebasado (Km/h). Esta diferencia se la considera igual a 16 Km/h como promedio.

a = Aceleración promedio del vehículo rebasante (Km/h por segundo)

La distancia d_4 es variable y, de acuerdo con la AASTHO, esta distancia varía entre 30 y 91 m.

La tabla 2.4.6 muestra los elementos de la distancia de visibilidad para rebasamiento en condiciones seguras.

La distancia de visibilidad de parada es la distancia mínima necesaria para que un conductor que transita a ó cerca de la velocidad de diseño, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él (Fig. 4.1). Por lo tanto es la mínima distancia de visibilidad que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera.

GRUPO DE VELOCIDADES (km/h)	48 - 64	64- 80	80 – 96	96 - 112
VELOCIDAD PROMEDIO DE REBASE	56	70	84	99
MANIOBRA INICIAL				
ACELERACIÓN	2.24	2.29	2.35	2.4
TIEMPO t1	3.6	4	4.3	4.5
DISTANCIA d1	44	66	88	112
OPERACIÓN CARRIL IZQUIERDO				
TIEMPO t2	9.3	10	10.7	11.3
DISTANCIA d2	145	196	251	313
VEHÍCULO OPUESTO				
DISTANCIA d3	97	131	168	209
DISTANCIA d4	30	55	76	91
DVR				
	316	448	583	725

TABLA 2.4.6: Elementos para calcular la distancia de visibilidad de rebase
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

Basándonos en los datos del proyecto tenemos que:

$d_1=$	65.61 metros
$d_2=$	196 metros
$d_3=$	130.7 metros
$d_4=$	55 metros
Dr=	447.28 metros

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEFINITIVO

3.1 ESTUDIO DE SUELOS Y MATERIALES

El objeto del estudio de suelos, de ésta como de otras vías, es el conocimiento de las propiedades físico-mecánicas de los mismos ya que, especialmente la capacidad de soporte es uno de los parámetros fundamentales que determinan los espesores de la estructura del pavimento.

La metodología seguida para la ejecución del estudio de suelos y materiales, comprende básicamente una investigación de campo a lo largo del prisma vial definido por el eje de la carretera del proyecto. Mediante la ejecución de calicatas se observaron las características del terreno de fundación, para luego obtener muestras representativas y en cantidades suficientes para ser sometidas a ensayos de laboratorio. Finalmente con los datos obtenidos en ambas fases se realizan las labores de gabinete, para consignar luego en forma gráfica y escrita los resultados del estudio que

ayudarán a decidir si el material cumple características para ser usado como subrasante del proyecto o deberá ser mejorado según las especificaciones requeridas.

Los trabajos de campo tienen como propósito reconocer las características físico-mecánicas de los materiales del terreno de fundación, para lo cual se llevan a cabo investigaciones mediante pozos exploratorios de 1.5 m de profundidad, distanciados cada 500m uno del otro; o donde las cotas del terreno natural sean las mismas que las de la línea proyectada a subrasante, los que se distribuyeron en forma alternada de tal manera que la información obtenida sea representativa.



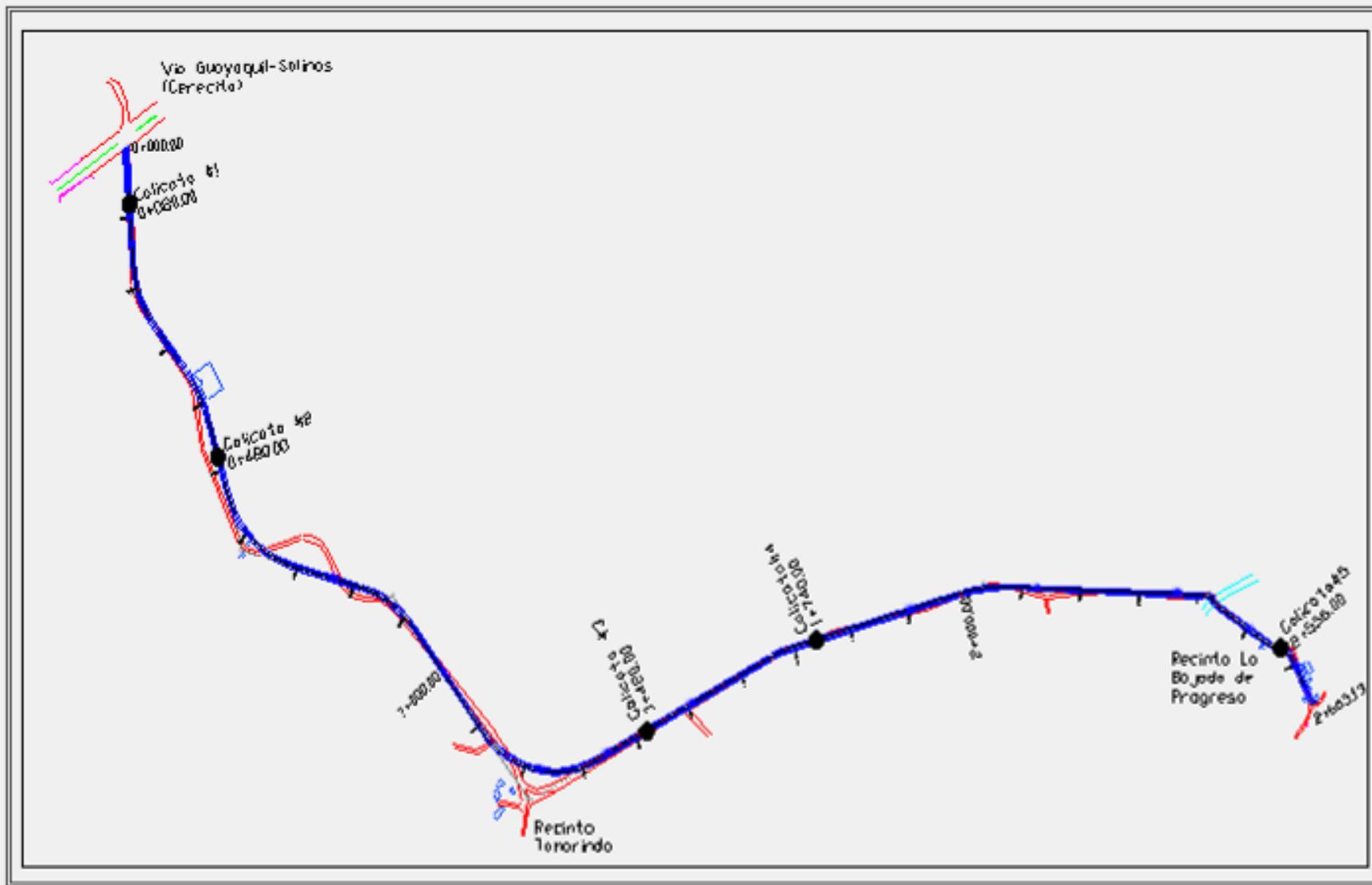
Fotografía #16: Calicata #1, abscisa 0+000 lado izquierdo

En forma general, una vez realizada las calicatas se determinan los límites o capas de los diferentes estratos que conforma el sub-suelo y se obtienen muestras disturbadas (alteradas), que adecuadamente descritas e identificadas a través de una tarjeta donde se consigna ubicación, número de muestra, estado de compacidad de los materiales, características de gradación, profundidad, nivel freático encontrado y tipo de ensayo a realizar; son colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio.



Fotografía #17: Muestras obtenidas de los estratos de la calicata #3, abscisa 1+420 lado derecho

A lo largo del eje de de la carretera del proyecto se realizaron 5 calicatas donde la línea del terreno natural se interseca con la línea de subrasante según el perfil longitudinal de la vía. Las abscisas de dichas calicatas son 0+080 lado izquierdo, 0+480 lado izquierdo, 1+420 lado derecho, 1+740 lado derecho y 2+560 lado izquierdo. Además para cada calicata se tomaron muestras 0.50, 1.00, 150 metros de profundidad o sino a la profundidad donde cambiaba el material, para finalmente realizar los ensayos de laboratorio respectivos. A continuación se describirá cada una de las calicatas:

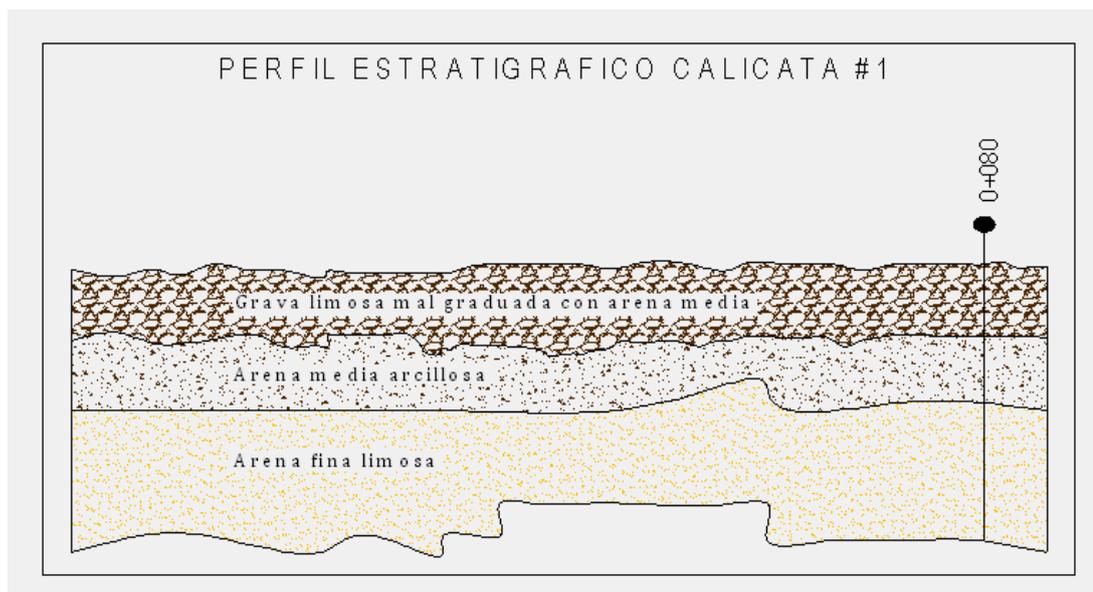


Localización de las Calicatas en el Proyecto

Calicata #1: Ubicada en la abscisa 0+080 lado izquierdo de la vía, en la actual superficie de rodadura existe una capa lastre mal graduado (grava limosa mal graduada) de 25 centímetros de espesor, bajo esta capa se encuentra una arena media arcillosa que tiene un espesor de 55 cm. Siguiendo en profundidad se encuentra el material conformado por arena fina limosa 70 cm de espesor.



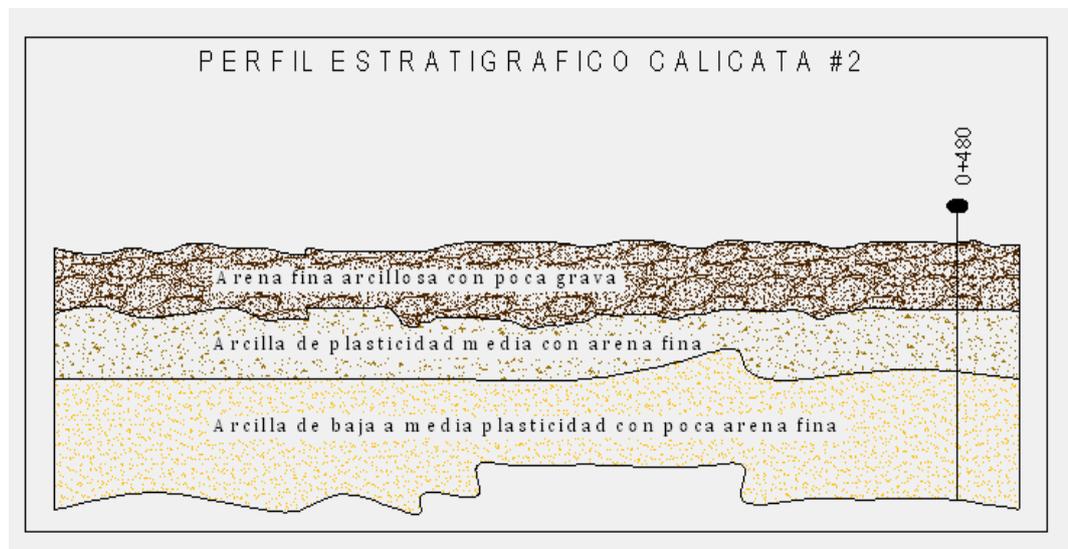
Fotografía #18: Calicata #1 profundidad total 1.5 metros, abscisa 0+080 lado izquierdo



Calicata #2: Está localizada en la abscisa 0+480 lado izquierdo de la vía. En la superficie existe una arena fina arcillosa color café oscuro con poca grava a una profundidad de 50 cm. Seguidamente se encuentra 50 cm. de material constituido por arcilla de plasticidad media con arena fina. Soportando a los materiales anteriormente descritos se encuentra Una arcilla de baja a media plasticidad con poca arena fina, este material tiene un espesor superior a 50cm. Cabe señalar que esta calicata se realizo a 10 metros del camino lastrado, ya que a esa distancia se está proyectando la el diseño de la nueva carretera.



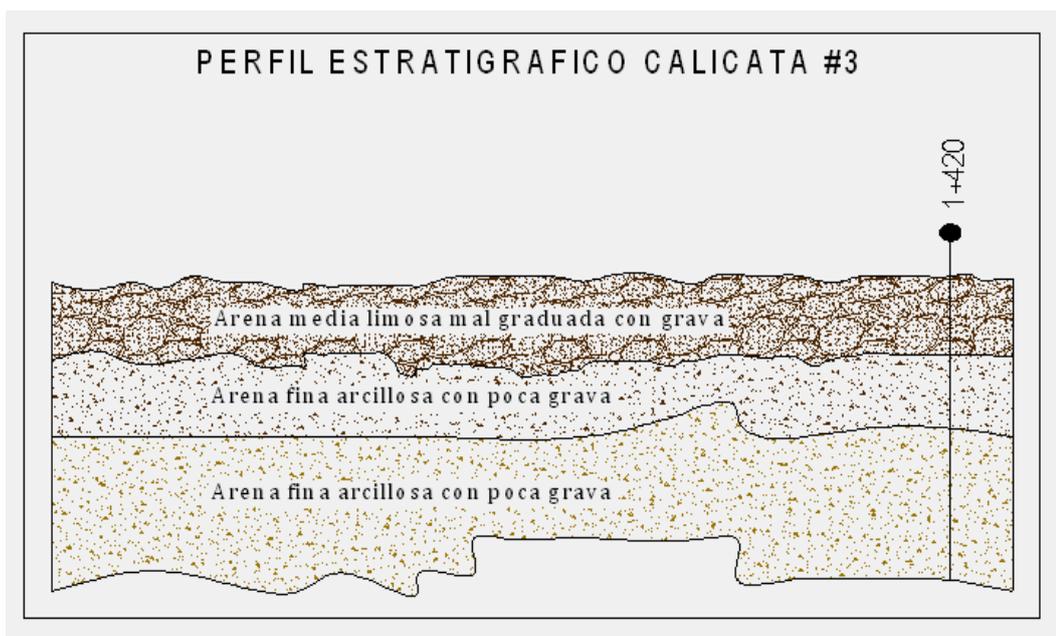
Fotografía #19: Calicata #2 profundidad total 1.5 metros y muestra tomada de los diferentes estratos encontrados, abscisa 0+480 lado izquierdo



Calicata # 3: Esta localizada en la abscisa 1+420 lado derecho de la carretera. En la actual superficie de rodadura existe una arena media limosa mal graduada con grava de 30 centímetros de espesor, bajo esta capa se encuentra una arena fina arcillosa con poca grava que tiene un espesor de 50 cm. Finalmente se encuentra una arena fina arcillosa con poca grava de 80 cm de espesor.



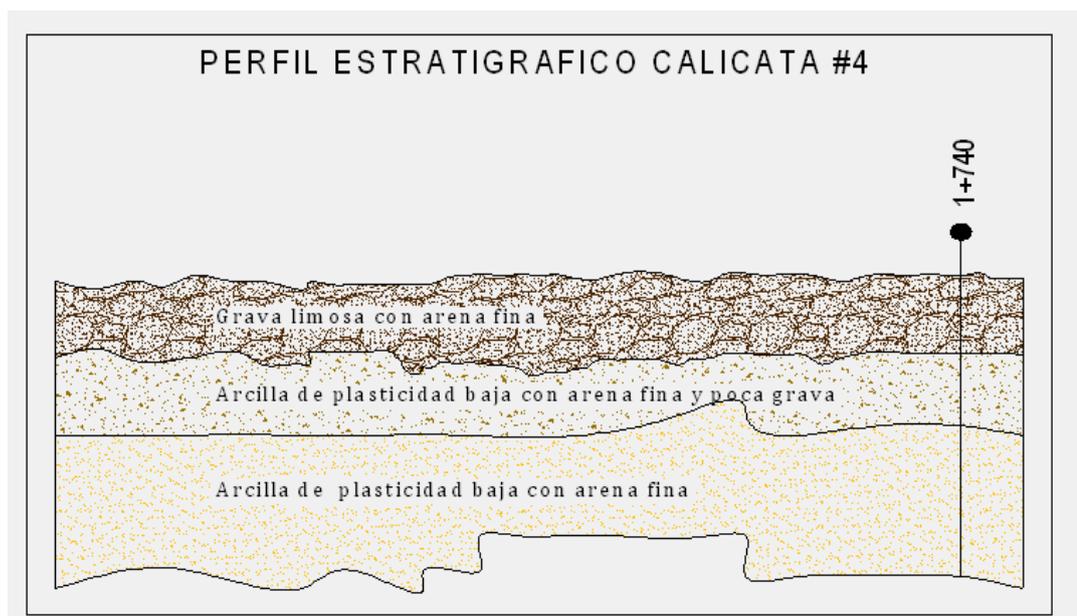
Fotografía #20: Excavación a base de barra y barretas de la Calicata #3 profundidad total 1.5 metros, abscisa 1+420 lado izquierdo



Calicata #4: Localizada en la abscisa 1+740 del lado derecho de la carretera. La actual capa de rodadura se encuentra conformada por grava limosa con arena fina de espesor de 12 cm. bajo este material se encuentra una arcilla de plasticidad baja con arena fina y poca grava con un espesor de 60 cm. bajo estos materiales se encuentra la capa de arcilla de baja plasticidad con arena fina con un espesor de 80 cm.



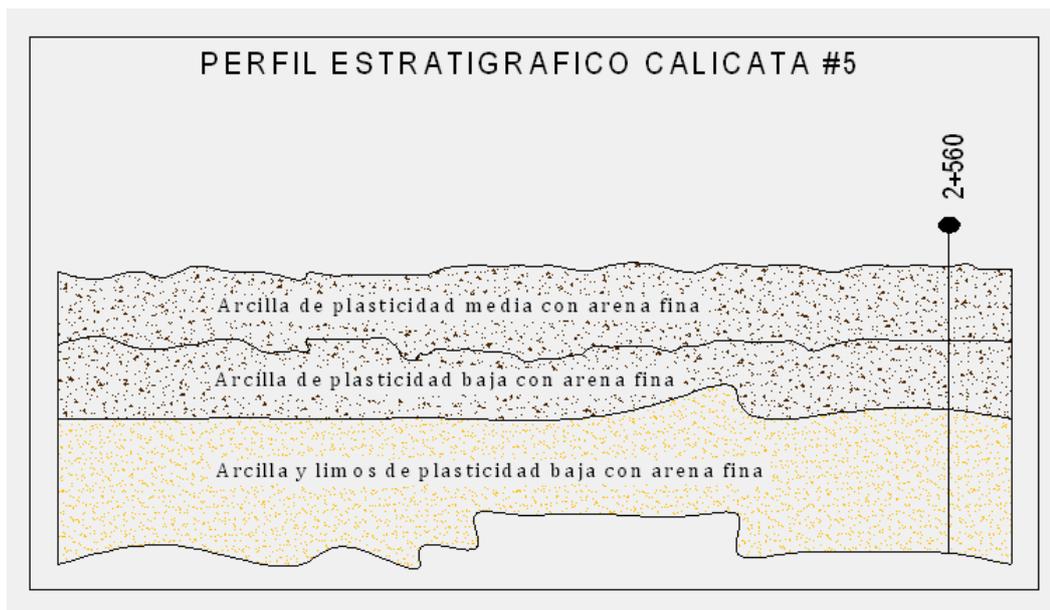
Fotografía #21: Excavación a una profundidad total 1.5 metros y muestras de material obtenidos de la calicata #4, abscisa 1+740 lado derecho



Calicata #5: Ubicada en la abscisa 2+556 del lado izquierdo de la vía, La capa de rodadura actual está conformada por una arcilla de plasticidad media con arena fina, tiene un espesor de 26 cm. Bajo este material se encuentra una arcilla de plasticidad baja con arena fina con un espesor de 75 cm. seguidamente esta un material conformado por arcillas y limos de plasticidad baja con arena fina que tiene un espesor mayor a 50 centímetros.



Fotografía #22: Excavación a una profundidad total 1.5 metros y muestras de material obtenidos de la calicata #5, abscisa 2+556 lado izquierdo



El procedimiento de laboratorio tiende a complementar las labores de campo, en ese sentido las muestras obtenidas del suelo de fundación son clasificadas y seleccionadas siguiendo el procedimiento descrito en **ASTM D-2488 “Práctica Recomendada para la Descripción de Suelos”** **Procedimiento visual-manual.**

Estas descripciones visuales deberán contener como mínimo los siguientes antecedentes:

Identificación de la calicata mediante un número, especificado su ubicación con respecto al kilometraje del eje o sus coordenadas, nombre del laboratorista y fecha de la inspección, profundidad total, profundidad de la napa de agua, referida al nivel del terreno natural y fecha de observación, profundidad de los diferentes estratos por describir, referidas al nivel del terreno natural, cantidad y tipo de las muestras tomadas en la calicata, observaciones y otras características relevantes.

Desde las paredes y piso de las calicatas se deben obtener las muestras que serán llevadas a laboratorio. Todas las muestras que se obtengan deberán ser perfectamente identificadas, incluyendo a lo menos los siguientes tópicos: identificación de la calicata; profundidad a la que fue tomada; nombre de la persona que la tomó y fecha de obtención.

Para Muestra perturbadas: Se obtienen en general de las paredes de los pozos y comprometen estratos determinados o bien la suma de algunos de ellos, como es el caso de la investigación de yacimientos. Estas muestras deben guardarse en bolsas impermeables y de resistencia adecuada. Cada bolsa debe identificarse clara e indeleblemente.

Muestras en bolsas: Las muestras en bolsas se toman con pala, barreta o cualquier otra herramienta de mano conveniente y se colocan en bolsas sin

tratar de mantener al suelo en forma inalterada, estas muestras se usan para diferentes ensayos como:

ENSAYOS ESTÁNDAR: Análisis Granulométrico por tamizado (ASTM C-136), Límites de Consistencia: “Límite Líquido, Límite Plástico, Índice de Plasticidad” (ASTM D-4318), Clasificación SUCS (ASTM D-2487), Clasificación AASHTO (ASTM D-3282), Contenido de Humedad (ASTM D-2216).

ENSAYOS ESPECIALES: Proctor Modificado (ASTM D-1557), CBR (ASTM D-1883).

Una vez realizados estos análisis, con objeto de abreviar los ensayos correspondientes a la determinación del valor de soporte California (CBR) y el de Relación Humedad - Densidad (Proctor), que son los factores importantes para poder conocer la resistencia de la subrasante y así poder realizar el diseño estructural del pavimento flexible.

Finalmente en los **ANEXOS 3.1** se encontrarán todos los perfiles estratigráficos con los diferentes ensayos y fotografías que muestran el seguimiento del mismo.

3.2 ESTUDIO Y DISEÑO DE DRENAJE

La vida útil de una carretera y su estado de conservación están sujetos, por otros factores, al drenaje y sub-drenaje previsto en la etapa de diseño y complementados durante el proceso de mantenimiento vial. La eficiente evacuación de las aguas, tanto naturales como artificiales, determina la duración de la carretera y su nivel de servicio.

El objeto del drenaje en los caminos es en primer término, el reducir al máximo posible la cantidad de agua que de una u otra forma llega al mismo, y en segundo término dar salida rápida al agua que llega al camino.

Para que un camino tenga un buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas por el mismo destruyendo el pavimento y originando baches, así como el agua que debe escurrir por las cunetas se estanque y reblandezca las terracerías originando pérdida de estabilidad de las mismas con sus consiguientes asentamientos perjudiciales. Debe evitarse también que los cortes, formados por materiales de mala calidad, se saturen de agua con peligro de derrumbes o deslizamientos según el tipo de material del corte, y debe evitarse también que las aguas subterráneas reblandezca la subrasante.

Para un buen diseño de estructuras de drenaje es necesario realizar inspecciones de reconocimiento en el campo, con el objeto de tener una idea clara sobre el posible drenaje en la zona de influencia de la vía, y de este modo definir puntos críticos o vulnerables, niveles máximos de inundación, infraestructura de drenaje existente, estaciones hidrometeorológicas existentes, etc.

La información básica fundamental comprende la hidrometeorología, topográfica y cartográfica, de tipos y usos de suelo, etc. Además es necesario definir los criterios y normas técnicas sobre los que se sustenta el estudio, tomando en consideración, la calidad y cantidad de la información básica.

El estudio de drenaje que se va a exponer se dividirá en dos partes: Drenaje Superficial y Drenaje Subterráneas.

3.2.1 *Drenaje Superficial*

El drenaje superficial trata, primero de reducir al mínimo el agua que afluye al camino, mediante la captación de las mismas y la forma de dar rápida salida al agua que inestablemente entra al mismo. Para esto se tiene como elementos: Las Cunetas, Contra-Cunetas, Bombeo; y para desalojar dichas aguas se tienen las alcantarillas, vados, puentes.

Una vez que se ha localizado la carretera, hay que considerar dos aspectos básicos en el tratamiento del drenaje superficial.

El análisis hidrológico e hidráulico definirá los parámetros de diseño y el dimensionamiento de las obras de drenaje, respectivamente; basado en la información disponible y en los criterios técnicos adoptados para su funcionamiento hidráulico.

Hidrología: Tiene particular relación con la ingeniería de carretera y trata la intensidad y frecuencia con la que la precipitación pluvial origina caudales máximos de diseño de escurrimiento que igualan o exceden ciertos valores límites que deben ser drenados del sector de la vía proyectada. Deben entenderse que las lluvias o crecientes futuras obtenidas a partir de registros acumulados descansan en métodos estadísticos de probabilidad, o sea la oportunidad de que un evento dado suceda o no suceda.

Diseño Hidráulico: Selección de los tipos y tamaños de las estructura de drenaje para servir los escurrimiento estimados, sin que ocurre problema de socavación o embalsamiento.

3.2.2 *Método de Diseño Racional*

Para el diseño de las estructuras de drenaje menores, en lo que a tamaño se refiere, es necesario determinar previamente el caudal o magnitud del escurrimiento del agua en la respectiva cuenca, utilizando los respectivos caudales cuando estos existan, o en su defecto, la fórmula empírica que corresponden al método Racional, la cual es aplicable hasta superficie de 50 hectáreas y se expresa por:

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad (3.2.1)$$

Donde:

Q= Caudal, m³/Seg.

C= Coeficiente de escurrimiento que expresa la relación existente entre la cantidad de agua que corre sobre el terreno y la que cae sobre él; o sea el porcentaje de impermeabilidad del área.

i= Intensidad máxima de la precipitación pluvial que puede caer sobre toda la cuenca durante el tiempo de concentración (mm/H)

A= Area en la cuenca aguas arriba del sitio donde estará ubicada la Estructura de drenaje compuesta, (Ha).

La determinación de los parámetros hidrológicos de diseño, para la aplicación del método de cálculo, pueden hacerse siguiendo las siguientes recomendaciones:

Coeficiente de Escorrentía (C): Los coeficiente C para la formula racional se da en la tabla 3.2.1, cuando existan diferentes tipos de superficie, el área de drenaje se subdivide y se obtiene un coeficiente mixto ponderado.

TIPOS DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
<i>Superficie Pavimentada</i>	0.85 – 0.90
Superficie de grava y macadán	0.35 – 0.70
Tierra desnuda ligeramente permeable	0.50 – 0.85
Tierra con hierba ligeramente permeable	0.30 – 0.70
Tierra desnuda moderadamente permeable	0.25 – 0.50
Tierra con césped moderadamente permeable	0.00 – 0.20

TABLA 3.2.1: Valores de “C” para su uso en la formula racional
Fuente: Libro Drenaje Vial Superficial y Subterráneo

Área de Drenaje: El área de drenaje se puede determinar en las cartas topográficas del IGM (escala 1:25.000), o en fotografías aéreas, y se considera como la superficie en proyección horizontal limitada por el parteaguas. Esta área se calculara por cualquier método y se expresara en hectáreas o en kilómetros cuadrados.

Precipitación máxima en 24 horas: La precipitación máxima en 24 horas, se obtendrá de los registros de las estaciones pluviométricas más cercanas a la zona en estudio, publicadas por el INAMHI. En virtud de la consistencia de la información propia de la zona, se ha escogido en el presente estudio La Estación San Isidro.

AÑO	PRECIPITACION (mm)	AÑO	PRECIPITACION (mm)
1965	48.0	1985	70.0
1966	9.5	1986	48.5
1967	-	1987	100.0
1968	-	1988	34.1
1969	-	1989	110.0
1970	37.0	1990	40.0
1971	68.6	1991	27.1
1972	80.0	1992	50.8
1973	83.0	1993	80.0
1974	46.0	1994	-
1975	81.8	1995	60.0
1976	81.4	1996	30
1977	50.6	1997	80
1978	43.1	1998	70.4
1979	31.9	1999	51.7
1980	95.8	2000	30.5
1981	36.6	2001	17.9
1982	-	2002	73.2
1983	148.0	2003	103.3
1984	-	2004	43.3

TABLA 3.2.2: Precipitación máxima diaria “Estación San Isidro”
Fuente: INAMHI, Registro de Estaciones Pluviométricas

Intensidades: Las intensidades son calculadas como se menciona anteriormente de acuerdo a las publicaciones tomadas por el INAMHI

$$i = \frac{\text{Precipitación}(mm)}{\text{Duración de la precipitación}(h)}$$

De la tabla 3.2.2 se tiene que la máxima precipitación es de 148 mm, en el año de 1983.

$$i = \frac{148 \text{ mm}}{24 \text{ h}}$$

$$i = 6.17 \text{ mm/h}$$

Las normas convencionales existentes a nivel internacional e incluso en el país establecen para el diseño de cunetas y alcantarillas, se usará periodos de retorno de 10 y 25 años en función del tipo e importancia de la obra.

TR	INTENSIDADES MAXIMAS EN mm/hora								
	5 min	10 min	15 min	30 min	60 min	120 min	360 min	720 min	24 h
2 AÑOS	104.5	81.1	68.4	47.4	30.0	18.0	6.9	4.3	2.9
5 AÑOS	154.2	119.6	101.0	70.0	44.3	26.6	9.8	6.2	4.2
10 AÑOS	187.0	145.1	122.5	84.9	53.7	32.2	11.7	7.4	5.1
25 AÑOS	228.6	177.4	149.8	103.8	65.7	39.4	13.9	8.9	6.3
50 AÑOS	259.4	201.3	170.0	117.8	74.6	44.7	15.5	10.0	7.1
100 AÑOS	290.1	225.0	190.0	131.7	83.3	50.0	16.9	11.0	8.0

TABLA 3.2.3: Intensidades máximas en mm/hora
Fuente: INAMHI

Para este proyecto se escogió el valor de **6.17 mm/hora**

Luego de determinar cada uno de los parámetros necesarios, se calcula el caudal de diseño como se muestra a continuación:

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

ABSCISAS		LADO	DISTANCIA	AREA DE APORTACION	C	I	Q Método Racional	
INICIO	FINAL						m3/seg	Litros/seg
0+000.00	0+760.00	IZQ	760.00	2.38	0.85	6.17	0.0346	34.65
0+760.00	1+100.00	IZQ	340.00	0.97	0.85	6.17	0.0141	14.10
1+100.00	1+360.00	DER	260.00	0.19	0.85	6.17	0.0027	2.71
1+360.00	2+160.00	IZQ	800.00	1.11	0.85	6.17	0.0162	16.17
1+360.00	2+160.00	DER	800.00	1.11	0.85	6.17	0.0162	16.17
2+160.00	2+380.00	IZQ	220.00	0.18	0.85	6.17	0.0026	2.63
2+380.00	2+460.00	DER	80.00	0.09	0.85	6.17	0.0014	1.38
2+460.00	2+665.13	DER	205.13	0.17	0.85	6.17	0.0024	2.40

TABLA 3.2.4: Caudales de Diseño para Cunetas

ABSCISA	ORIENTACION	LONGITUD	AREA DE APORTACION	C	I	Q Método Racional	
						m3/seg	Litros/seg
0+040.00	IZQ A DER	12.00	1.07	0.85	6.17	0.0155	15.52
0+255.00	IZQ A DER	12.00	0.66	0.85	6.17	0.0097	9.67
0+740.00	IZQ A DER	8.50	0.89	0.85	6.17	0.0129	12.92
1+080.00	IZQ A DER	8.50	0.57	0.85	6.17	0.0083	8.35
1+240.00	DER A IZQ	8.50	0.99	0.85	6.17	0.0144	14.40
1+340.00	DER A IZQ	10.50	0.57	0.85	6.17	0.0083	8.33
1+520.00	DER A IZQ	17.00	1.44	0.85	6.17	0.0210	21.04
2+280.00	IZQ A DER	10.50	0.72	0.85	6.17	0.0104	10.43
2+500.00	DER A IZQ	10.50	0.39	0.85	6.17	0.0057	5.67

TABLA 3.2.5: Caudales de Diseño para Alcantarillas

3.2.3 *Tiempo de Concentración e Intensidad de Lluvia*

Se define como tiempo de concentración como el necesario para que una partícula de agua de la parte más alejada de la zona drenada alcance la entrada de la estructura de drenaje. El caudal máximo a tener en cuenta, al proyectar la estructura, se producirá cuando la precipitación pluvial haya continuado durante un periodo de tiempo igual al de concentración, ya que en este momento todos los puntos de la cuenca estarán contribuyendo simultáneamente a engrosar el caudal a través de la estructura de drenaje. Por tanto el tiempo de drenaje de determinará en base a la distancia desde la parte más alejada de la zona drenada hasta la estructura y además con la velocidad de fluencia o de escurrimiento varía desde 1.5 a 4.5 m/seg para superficie de césped y de 6 a 15 m/min para superficie pavimentada y para pendiente medias comprendida entre 0.5 y 2%. El tiempo de concentración (T_c) se calcula dividiendo la longitud del área drenada (L) para la velocidad de escurrimiento (V_e):

$$T_c = \frac{L}{V_e} \quad (3.2.2)$$

3.2.4 **Cunetas**

Las cunetas son zanjas que se hacen en uno o ambos lados del camino, con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial proveniente de la mitad de la carretera (o de toda la vía en curvas) y lugares adyacentes hacia un lugar determinado, donde no provoque daños, su diseño se basa en los principios de los canales abiertos.

La forma de las cunetas depende de la cantidad de agua que va a ser escurrida, ancho del camino y de sus dimensiones.

En los caminos vecinales el uso de cunetas profundas puede ser peligroso, debido a que los conductores usan parte del camino. En caso de emergencias la cuneta ideal para caminos vecinales es una prolongación de la superficie de rodadura. Así las cunetas se proyectan de acuerdo a las siguientes normas:

Capacidad: Tomándose en cuenta la precipitación y la forma con que concurre el agua hacia las cunetas.

Forma: No se usará la forma rectangular, ni trapezoidal, por ser peligrosas y tener conservación difícil.

Dimensiones: Se determina de acuerdo a la capacidad y la forma.

Pendiente: Va de acuerdo con la del camino o con el caudal a drenar y la sección misma teniendo como límite de velocidad la que puede resistir el terreno sin erosionar.

Conservación: Consiste en mantenerlas limpias para aprovechar toda su capacidad y que puedan recoger todo caudal para el que fueron diseñadas.

Pueden ser contruidos con mampostería, hormigón ciclópeo u hormigón simple.

3.2.5 *Diseño de Cunetas y Sección Típica*

Hay varias metodologías para el diseño de cunetas, similares a las de canales abiertos. La más generalizadas es la que tiene aplicación de la fórmula de Manning, para estudiar el caudal que es capaz de transportar la cuneta o zanja, con base a la estimación de las aguas de escorrentía para una lluvia máxima y para una frecuencia o periodo de retorno adoptado previamente, que para cuneta se estima en 5 años.

FORMULA DE MANNING

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) * a * r^{2/3} * s^{1/2} \quad (\text{m}^3/\text{seg}) \quad (3.2.3)$$

En donde:

Q = Caudal que transporta la cuneta (m³/seg)

r = Radio hidráulico (área /perímetro mojado)

s = Pendiente en tanto por uno, que coincide con la pendiente de la vía

n= Coeficiente de Fricción (0.013 en concreto y 0.027 en tierra)

a= Área en cunetas (m²), a plena sección

TIPO DE MATERIAL	VALORES DE n
Concreto	0.013
Tierra común, niveladas, aisladas	0.02
Roca lisa y uniforme	0.03
Roca con salientes y sinuosos	0.04
Lechos pedregosos	0.03
Plantillas de tierra, taludes ásperos	0.03

TABLA 3.2.6: Coeficientes de Fricción Manning

Es conveniente emplear una sección de cunetas constantes no solo por la buena apariencia y seguridad de la vía, sino también con el objeto de hacerla más fácil construcción y conservación.

Los taludes de la cuneta deben ser inclinados lo más posible y cuando ellos están bien acabados contribuyen al buen aspecto de la vía. La sección puede ser en forma de V.

La cuneta en forma de V tiene la ventaja de que su forma se aproxima a la de un badén común, y si se quiere ampliar la pavimentación de la vía se puede transformar la cuneta en badén, y esta tiene de nombre a la cuneta que tiene además de ser pavimentada tiene la característica de ser parte de la calzada misma por lo que es de poca pendiente y de poca profundidad.

Generalmente la altura hace de 0.30 m a 0.50 m por encima del nivel de agua, que para nuestro caso usaremos **0.4 m**.

Para este proyecto se ha adoptado las mismas pendientes que lleva los taludes de corte (3:1) y relleno (1:3) para las cunetas ya que satisfacen el diseño **(ANEXO 3.2.5)**.

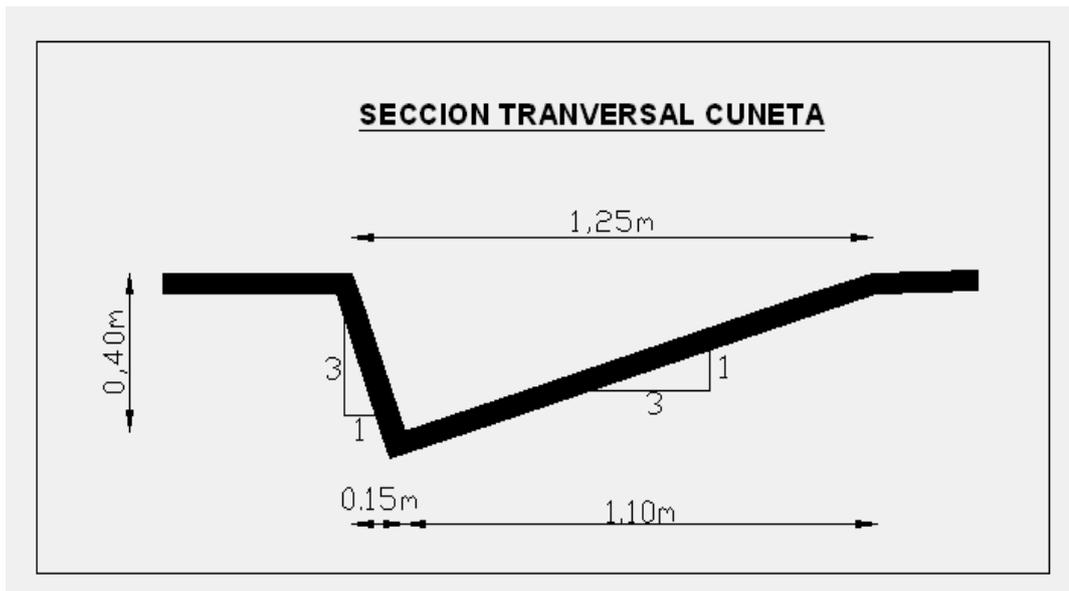


FIGURA 2.3.1: Sección Transversal de Cuneta

3.2.6 *Bombeo de la Vía*

Esta forma de la sección transversal del mismo y que tiene como fin principal el drenar hacia los lados el agua que cae en la vía misma. El bombeo que debe emplearse depende de la clase de superficie, facilidad de circulación de los vehículos y aspectos de la vía.

Para el proyecto, según especificaciones del MOP se usará **3%** para el bombeo de la vía.

3.2.7 *Alcantarillas*

La obra de cruce, que son llamadas también de drenaje transversal, tiene como objeto de dar paso rápido al agua, que no puede desviarse de otra forma, tenga que cruzar de un lado a otro de la vía. En esta obra de cruce están comprendidos los puentes y las alcantarillas. La diferencia fundamental entre puente y alcantarilla es que esta llevan un colchón de tierra y aquellos no. Una alcantarilla constan de dos partes: el Cañón y el

Muro de Cabeza. El Cañón forma el canal de la alcantarilla y es la parte principal de la estructura. Los muros de cabezas sirven para impedir la erosión alrededor del cañón para guiar la corriente y para evitar que el terraplén invada al canal.

Tipos de alcantarilla: La elección del cual tipo de alcantarilla es la mejor depende:

- Del suelo de cimentación.
- De las dimensiones de la alcantarilla y requisitos de la topografía
- De la economía relativa de los diferentes tipos posibles y adecuados de estructura.
- Dependiendo de su forma y material, se clasifican en:

Alcantarilla de tubos.- De concreto reforzado, de lámina corrugada, de barro vitrificado y de hierro fundido.

Alcantarilla de cajón.- De concreto reforzado, sencilla y múltiple.

Alcantarilla de Bóveda.- De mampostería o de concreto simple, sencilla o múltiple

Alcantarilla de Losa.- De concreto reforzado

En cuanto a la cimentación se puede decir que cuando la cimentación es en el suelo seco y firme, cualquiera de los casos anteriores es satisfactorio.

Para el Proyecto se usarán alcantarillas de tubos de hormigón armado y se presentan las especificaciones técnicas según el MOP:

Tuberías de Hormigón Armado: El tubo de Hormigón Armado y los materiales para su construcción e instalación deberán satisfacer los requerimientos de la sección 915.

Sección 915 (ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS VECINALES MOP).- Los tubos de hormigón armado para alcantarillas, serán de la clase, dimensiones y forma indicada en los planos o en las disposiciones especiales.

Los materiales a emplear en la fabricación de los tubos deberán cumplir con los requisitos de las subsección 901 (ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS VECINALES MOP), tanto en lo que se refiere al cemento, a los agregados y al agua. El cuadro de los tubos podrá ser al vapor, a elección del contratista.

Tubería Circular.- La tubería circular de hormigón armado deberá estar de acuerdo con las especificaciones de la AASHO M 170.

El mínimo espesor de los tubos será de 4 centímetros y el área mínima del hierro de refuerzo será de 1.4 centímetros cm^2/m del tubo.

Los tubos de diámetro mayor de 60 centímetros serán aceptados de acuerdo con los resultados del ensayo de las tres aristas de apoyo con la carga que produce la fisura de 0.25 milímetros; (ensayo ASTM 497) la aplicación de la carga de rotura no es indispensable excepto cuando se necesite obtener muestras para hacer el ensayo de absorción. Los tubos de diámetro menor de 60 centímetros podrán ser probados mediante la carga de rotura. En vez de tener trozos rotos de tubo para la prueba de absorción, se podrán sacar muestras de 10 centímetros de diámetro de la sección de tubo que indique el Fiscalizador.

En el caso de tubería circular de hormigón con armadura elíptica, deberá marcarse la posición del eje menor de la elipse mediante señales pintadas en el interior del tubo.

Los tubos de un diámetro menor de 60 centímetros podrán ser también de hormigón simple, de acuerdo con la misma norma AASHO M 170 excepto en lo relacionado con la armadura.

Diseño de alcantarillas:

Localización de alcantarillas.- Los factores más importantes en la mayor eficiencia y seguridad de las alcantarillas son:

- **Alineamiento:** El alineamiento de una alcantarilla debe acomodarse a la topografía del terreno, es decir que el eje de la alcantarilla coincida, en lo posible, con el del lecho de la corriente facilitando la entrada y salida del agua.
- **Pendiente:** La pendiente de una alcantarilla debe ser, en lo posible, la misma que la del lecho de la corriente en sus vecindades; una pendiente muy reducida produce exceso de sedimentación y una pendiente exagerada produce serias erosiones de salida, minando la estructura.
- **Elevación:** Las alcantarillas deben instalarse con una cota tal que su fondo coincida con la del lecho de la corriente siempre y cuando se deje ver que el lecho ha llegado a un estado de equilibrio.

En la tabla 3.2.7 se presenta un resumen de localización de alcantarillas con su respectiva longitud, diámetro y pendiente.

ABSCISA	ORIENTACION	LONGITUD	S	Q m3/seg	AREA ALCANTARILLA	DIAMETRO (PULG)
0+040.00	IZQ A DER	13.50	0.002	0.0155	0.8107	40
0+255.00	IZQ A DER	19.00	0.002	0.0097	0.8107	40
0+740.00	IZQ A DER	16.00	0.002	0.0129	0.8107	40
1+080.00	IZQ A DER	17.00	0.002	0.0083	0.8107	40
1+240.00	DER A IZQ	17.00	0.002	0.0144	0.8107	40
2+280.00	IZQ A DER	15.00	0.002	0.0104	0.8107	40
2+500.00	DER A IZQ	15.00	0.002	0.0057	0.8107	40

TABLA 3.2.7: Localización de alcantarillas del proyecto

3.2.8 *Drenaje Subterráneo*

Los análisis de subrasante ha confirmado el hecho de que el exceso de humedades, en mayor parte de los casos, la causa de las fallas de cimentación y de la destrucción de la superficie de la carretera.

El agua de la subrasante por filtración de agua de escurrimiento, de aquella proviene de vertiente por acción del manto freático, por capilaridad, etc.

3.2.8.1 *Clase de Humedad del Suelo:*

La humedad del suelo proviene especialmente por acción de la gravedad y de la capilaridad.

1. El agua que corre por gravedad, se encuentra libre para moverse por la acción de dicha fuerza y es la única que puede extraerse por medio del drenaje.
2. El agua capilar se adhiere, por tensión superficial a las partículas del suelo, llegando a dichas partículas ya sea cuando el agua libre pasa a través del suelo o por atracción capilar desde un estrato

mojado a otro más seco. La gravedad no tiene influencia sobre esta agua que puede moverse hacia arriba o en cualquier otra dirección, y aun cuando no puede extraerse por drenaje, si puede controlarse bajando el manto freático.

3.2.8.2 Control e Intersección de Aguas Subterráneas:

La intercepción y control del agua subterránea deben realizarse mediante la colocación de subdrenes localizados en los costados y a lo largo de la carretera.

Los subdrenes sirven para captar y evacuar el agua proveniente de la subbase y base drenante conformantes de una estructura de pavimento en las zonas donde ésta pueda afectar el pavimento. Así mismo, el subdren permitirá drenar el agua del subsuelo, filtraciones de taludes y flujos subterráneos.

El subdren está conformado de los siguientes materiales:

Material filtrante: Podrá ser natural, provenir de la trituración de piedra o roca, o ser una mezcla de ambos y estará constituido por fragmentos duros y resistentes. Además cumplirá granulometrías acorde a su uso, por ejemplo si el sub-dren lleva geotextil, si el sub-dren no lleva geotextil. Además la resistencia a la abrasión no puede exceder al 40%.

Geotextil: Se utilizarán geotextiles que cumplan las exigencias como la permeabilidad del geotextil debe ser compatible con la del suelo (su coeficiente de permeabilidad y su tamaño de abertura aparente deberán ser los indicados).

Tubería: Si el Proyecto lo indica, la tubería a instalar será del diámetro y tipo indicado en los planos del Proyecto. Los tubos llevarán perforaciones circulares o ranuras con dimensiones y disposiciones indicadas en los planos.

3.3 DISEÑO GEOMÉTRICO

Una vez calculada la ruta definitiva de diseño tal como se muestra en el capítulo #2, se procede a realizar los diseños geométricos definitivos donde se establecerá secciones típicas de la vía, los alineamientos horizontales y verticales.

Estos elementos geométricos deben proveer seguridad dentro de las condiciones generales de la carretera y esto se consigue en su mayor parte utilizando la velocidad de diseño como un factor determinante de control.

Sección típica de la vía: La sección transversal típica a adoptarse para una carretera depende exclusivamente del volumen del tráfico y del terreno y por consiguiente de la velocidad de diseño más apropiado para dicha carretera. En la selección de la sección transversal deben tomarse en cuenta los beneficios del usuario, así como los costos de mantenimiento. Al determinar los varios elementos de la sección transversal, es imperativo el aspecto de seguridad para los usuarios de la carretera que se diseña.

Los elementos que integran y definen la sección transversal son:

- Ancho de Pavimento
- Ancho de Espaldones
- Taludes
- Superficie de rodadura

Ancho de Pavimento: El ancho de pavimento se determina en función del volumen de composición del tráfico y de las características del terreno. Para un alto volumen de tráfico o para una alta velocidad de diseño, se pone el máximo ancho de pavimento económicamente factible. Para un volumen de tráfico bajo o por una velocidad de diseño baja, el ancho de pavimento, debe ser el mínimo permisible. En el caso de volumen de tráfico intermedios o velocidades de diseño moderadas, para las cuales se contemplan pavimento de tipo superficial bituminosa o superficie de rodadura de grava, el ancho debe ser suficiente como para evitar deterioro en dicha superficie por efecto de repetición de las cargas de los vehículos sobre las mismas huellas.

CLASE DE CARRETERA	ANCHO DE PAVIMENTO	
	RECOMENDABLE	ABSOLUTO
R-I o R-II	7.3	7.3
I	7.3	7.3
II	7.3	6.5
III	6.7	6
IV	*7.50	*6.00
V	*6.50	*4.00

TABLA 3.3.1: Ancho de Pavimento Recomendables
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

*En las clases de carreteras IV y V están incluidas los espaldones

De acuerdo al T.P.D.A. calculado en capítulo #2, se pudo obtener una carretera de orden IV por lo tanto se adoptara un ancho de pavimento de 6.00 metros. Cabe recalcar que para este diseño no estarán incluidos los anchos de los espaldones.

Ancho de Espaldones: Los espaldones son las fajas contiguas a la calzada cuya función principal es brindar un ancho adicional a la circulación de los vehículos y estabilizar las diferentes capas del pavimento.

La pendiente transversal de las bermas es ligeramente mayor a la de la superficie de rodadura con la finalidad de producir una adecuada evacuación de las aguas lluvias.

Las principales funciones de los espaldones son:

Provisión del espacio para el estacionamiento temporal de vehículos fuera de la superficie de rodadura fija, a fin de evitar accidentes.

Provisión de una sensación de amplitud para el conductor, contribuyendo a una mayor facilidad de operación, libre de tensión nerviosa.

Mejoramiento de la distancia de visibilidad en las curvas horizontales.

Mejoramiento en la capacidad de la carretera, facilitando una velocidad uniforme.

Soporte lateral del pavimento.

Provisión de espacio para la colocación de señales de tráfico.

Descarga del agua que se escurre por la superficie de rodadura lo más lejos del borde del pavimento reduciendo al mínimo la infiltración y evitando así el deterioro y la rotura del mismo.

Mejora la apariencia estética de la carretera.

Provee los espacios para trabajo de mantenimiento.

En base a las consideraciones anteriores, el ancho de espaldones, en relación con el tipo de carretera se indica en la tabla 3.3.2 y 3.3.3.

CLASE DE CARRETERA	ANCHO DE ESPALDONES					
	RECOMENDABLE			ABSOLUTO		
	LL	O	M	LL	O	M
R-I o R-II	*3.00(1.20)	*3.00(1.20)	*3.00(1.20)	*3.00(1.20)	*3.00(1.20)	*2.00(1.20)
I	2.50**	2.50**	2.00**	2.50**	2.50**	1.50**
II	2.50**	2.50**	1.50**	2.50**	2	1.5
III	2	1.5	1	1.5	1	0.5
IV	<i>Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura</i>					
V	Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura					

TABLA 3.3.2: Valores de diseño para el ancho de espaldones
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

La cifra en paréntesis es la medida del espaldón interior de cada calzada y la otra es para el espaldón exterior. Los dos espaldones deben pavimentarse con concreto asfáltico.

** El espaldón debe pavimentarse con doble tratamiento superficial bituminoso, salvo que cuando se trate de carretera clase I con volumen cerca del límite superior para esta clase, en estos casos, se le debe pavimentar con carpeta e concreto asfáltico.

TIPO DE CARRETERA	ANCHO DE ESPALDON (m)
I	2.0 A 2.5
II	1.5 A 2.0
III	1.0 A 1.5
IV	0.5 A 1.0
V	0.5

TABLA 3.3.3: Ancho de espaldones
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

Según la tabla 3.3.3 la carretera tendrá un ancho de espaldón igual a 1 metro debido a que en el diseño vial si se usarán espaldones.

La gradiente transversal de los espaldones podría variar desde 3% al 6% dependiendo de la clase de carretera que se adopte.

La existencia de espaldones en si no justifica económicamente para carretera de bajo volumen de tráfico, para las cuales en la mayoría de los casos se especifican superficie de rodadura de grava. En los caminos de penetración de características mínimas, tampoco se justifican los espaldones, pero en este caso es aconsejable el ensanchamiento de la calzada a intervalos adecuados para facilitar la circulación de los vehículos en ambas direcciones.

En la tabla 3.3.4 se indican las gradientes transversales recomendables para los espaldones. Deben notarse que puede ser necesario emplear pendiente algo más pronunciadas en circunstancia especiales, como el caso de secciones con peralte fuerte.

CLASE DE CARRETERAS	TIPOS DE SUPERFICIE	GRADIENTES TRANSVERSALES (%)
R I o R II	Carpeta de concreto asfáltico	4
I	Carpeta o doble tratamiento superficial	4
II	Doble tratamiento o superficie estabilizada	4
III	Grava o superficie estabilizada	4

TABLA 3.3.4: Gradientes transversal para espaldones
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

Así mismo el diseño de espaldones se usará como material grava o superficie estabilizada por lo que se escogerá como gradiente transversal **4%**.

Taludes: El talud de un corte o de un terraplén es la superficie inclinada y generalmente plana que lo limitan en un lado. Matemáticamente se representa por la relación de la base a la altura de un triángulo rectángulo que tiene como hipotenusa el talud, y tomando como altura la unidad.

La inclinación del talud depende de la clase de terreno y corresponde, por lo menos, al ángulo de reposo del material en que se ha excavado el corte o el cual se construye el terraplén. Sin embargo, también puede influir en el diseño del talud otros factores, como visibilidad (en las curvas, por ejemplo) la apariencia de la vía, el préstamo del material, etc.

TIPOS DE MATERIAL	TALUD
EN CORTE	
En roca dura	0: a 1/5:1
En conglomerado o tierra compacta	½:1 a 1:1
En tierra ordinaria	1:01
En tierra floja	1 ¼:1 a 1 ½:1
EN RELLENO (TERRAPLEN)	
En tierra compacta	1:01
En tierra ordinaria	2:01
En tierra seleccionada	1 ½:1

TABLA 3.3.5: Valores recomendados de talud según el tipo de material
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

En este proyecto se usará talud de corte 1:3 y relleno de 3:1

Tipos de superficie de rodadura: La relación entre el tipo de superficie de rodadura y el diseño geométrico tiene importancia en lo referente a la indeformabilidad de la superficie y a la facilidad de escurrimiento de las aguas que este ofrezca, así como la influencia ejercida en la operación de los vehículos.

Los pavimentos de grado estructural alto, siendo indeformable, no se deterioran fácilmente en sus bordes y su superficie lisa ofrece poca resistencia de fricción para el escurrimiento de las aguas, permitiendo pendientes transversales mínimas. Al contrario los pavimentos de alto grado estructural bajo con superficie de granulometría abierta (grava o superficie estabilizada), deben tener gradientes transversales más pronunciada, para facilitar el escurrimiento de las aguas y evitar el ablandamiento de la superficie.

El tipo de superficie de rodadura que se adopte depende en gran parte a la velocidad de diseño escogida, de la cual depende varias características del diseño general, teniendo en cuenta que las superficies lisas, planas e indeformables favorecen altas velocidades de operación por parte de los conductores.

La superficie de rodadura de la calzada según el tipo de estructura, se clasifican en:

CLASE DE CARRETERAS	TIPOS DE SUPERFICIE	GRADIENTES TRANSVERSALES (%)
R I o R II	Alto grado estructural concreto asfáltico u hormigón	1.5 a 2
I	Alto grado estructural concreto asfáltico u hormigón	1.5 a 2
II	Grado estructural intermedio concreto asfáltico o triple tratamiento superficial bituminoso	2
III	Bajo grado estructural doble tratamiento superficial bituminoso	2
IV	Grava	3
V	Grava, empedrado o tierra	3 a 4

TABLA 3.3.6: Clasificación de superficie d rodadura
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

Según el tipo de carretera (clase IV) corresponde una superficie de rodadura de grava, pero se diseñará concreto asfáltico independiente de la clase de carretera, además se usará gradiente transversal el valor de 3% (bombeo).

Cabe mencionar que las secciones transversales típicas en tramos rectos de la vía son muy diferentes que en los tramos donde existan curvas horizontales ya que interviene el bombeo.

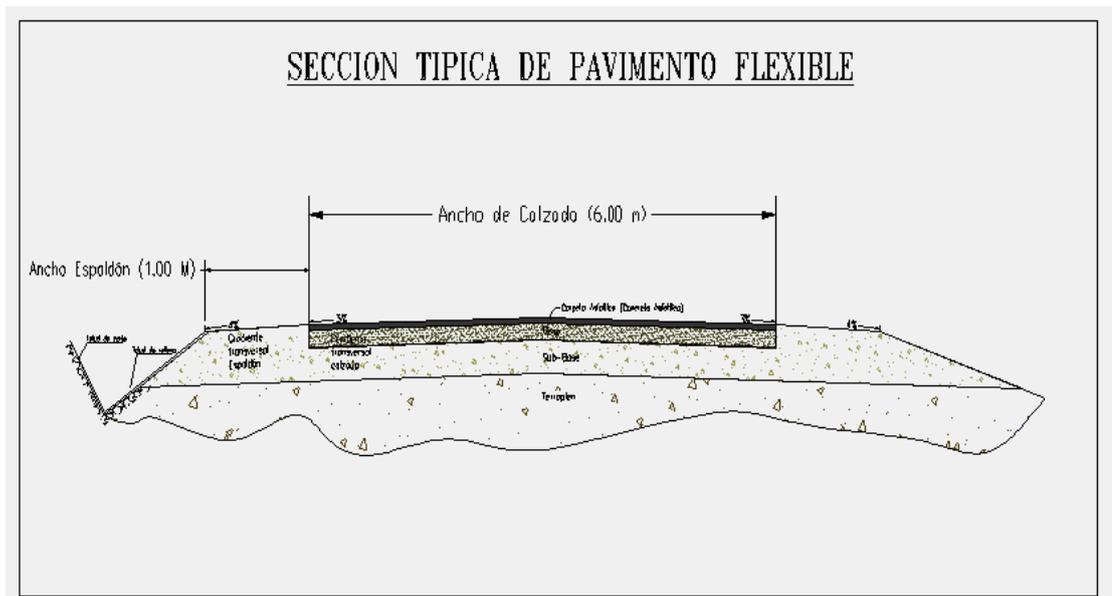


FIGURA 3.3.1: Sección Típica de Pavimento Flexible

3.3.1 *Alineamiento Horizontal*

El alineamiento horizontal es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal. Los elementos que integran esta proyección son las tangentes y las curvas, sean estas circulares o de transición.

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

El establecimiento del alineamiento horizontal depende de: La topografía y características hidrológicas del terreno, las condiciones del drenaje, las características técnicas de la subrasante y el potencial de los materiales locales. Además se hace necesario establecer la relación entre la velocidad de diseño y la curvatura, así como la relación mínima con el peralte de las curvas.

Siempre debe tomarse en cuenta en el trazado los aspectos de seguridad y estética de la carretera.

El diseñador debe trazar generalmente curvas de grandes radios, evitando los mínimos especificados para las velocidades de diseño y reservándolos para los casos de condiciones críticas.

No debe colocarse curvas agudas en los extremos de las tangentes largas y deben evitarse cambios súbitos de curvaturas amplias a curvaturas cerradas.

Para pequeños ángulos de deflexión, las curvas deben ser suficientemente largas para no dar la apariencia de un cambio de dirección forzado.

Deben evitarse curvas de radios pequeños sobre relleno de alturas y longitudes grandes.

Hay que tener en el empleo de curvas circulares compuestas para que la medida del radio ya no exceda de una y media veces a la medida del radio menor.

Deben evitarse alineamientos reversos bruscos, a menos que esta una tangente suficientemente larga entre las dos curvas reversas para usarlas en el desarrollo del peralte.

Deben evitarse tangentes cortas entre dos curvas de la misma dirección.

3.3.1.1 **Curvas Horizontales:**

Son arcos de circunferencia que enlazan las tangentes y pueden tener condiciones adicionales según el tipo de enlace, sea mediante una, dos o tres curvas, esto quiere decir, que de igual forma pueden ser uno, dos o tres radios respectivamente.

Curvas circulares simples: Una Curva Circular Simple es un arco de circunferencia tangente a dos alineamientos rectos de la vía y se define por su Radio (R), que es designado por el diseñador como mejor convenga a la comodidad de los usuarios de la vía y a la economía en la construcción y el funcionamiento.

Elementos de una curvas horizontal: Los elementos que conforman las curvas horizontales están dados en la Fig. 3.3.2 y esta son:

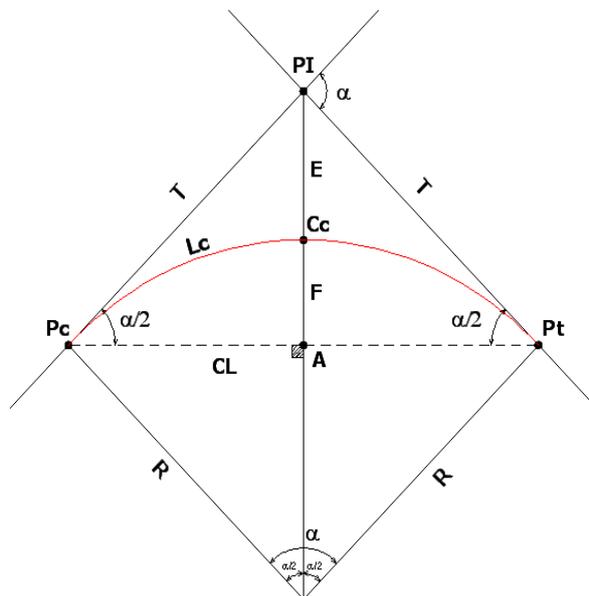


FIGURA 3.3.2: Elementos de una curva horizontal

Donde:

PI: Punto de intersección entre las 2 tangentes

α : Angulo de la curva, o sea, la deflexión entre las 2 tangentes

R: Radio de la curva

Pc: Punto común entre la tangente y la curva y se lo denomina "Principio de Curva"

Pt: Punto común entre la tangente y la curva y se lo denomina "Punto de terminación de Curva"

E: Es la external de la curva, es decir el segmento PI-Cc

F: Es la flecha de la curva, es decir, el segmento Cc-A

T: Es la tangente o longitud de tangente de la curva entre Pc y PI y entre Pt y PI

Lc: Es la longitud de curva, es decir, el arco entre Pc y Pt

CL: Es la cuerda larga que sustenta a la longitud de la curva y corresponde a la recta Pc-Pt

Cc: Es el punto medio del arco circular

Para calcular cada uno de los elementos de la curva se usarán las siguientes ecuaciones:

$$T = R * \operatorname{Tg} \frac{\alpha}{2} \quad (3.3.1)$$

$$E = R * \left(\operatorname{Sec} \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \quad (3.3.2)$$

$$CL = 2R * \operatorname{Sen} \frac{\alpha}{2} \quad (3.3.3)$$

$$F = R * \left(1 - \operatorname{Cos} \frac{\alpha}{2} \right) \quad (3.3.4)$$

$$Lc = \frac{\pi * R * \alpha}{180} \quad (3.3.5)$$

Valores de diseño de los radios mínimos: Tomando en cuenta las condiciones prevalecientes en el país, se recomienda usar en el diseño como radios mínimos los indicados en la tabla 3.3.7.

CLASE DE CARRETERA	VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
	LL	O	M	LL	O	M
RI O RII más de 8000 T.P.D.A	530	435	275	435	275	210
I 3000 A 8000 T.P.D.A	435	350	210	350	210	160
II 1000 A 3000 T.P.D.A	435	350	210	350	210	115
III 300 A 1000 T.P.D.A	350	210	115	275	160	80
IV 100 A 300 T.P.D.A	275	160	115	210	115	60
V MENOS DE 100 T.P.D.A	160	115	80	80	50	50

TABLA 3.3.7: Valores de diseño de los radios mínimos para $e_{\text{máx}}=0.10$
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

Como ya se obtuvo en el capítulo #2 la clasificación de la carretera según el T.P.D.A podemos concluir que de la tabla 3.3.8 para una carretera de orden IV y tipo de terreno ondulado se obtuvo el **valor de radio mínimo de 160 metros** que servirá para el cálculo y diseño de las curvas horizontales.

El cálculo y diseño de todas las curvas horizontales con sus respectivos elementos geométricos se mostrará en los **ANEXOS 3.3.1.1.**

3.3.1.2 Peralte:

Cuando un vehículo avanza a lo largo de una curva se ve sometido a varias fuerzas:

La fuerza matriz, en sentido longitudinal; Su peso propio peso, vertical hacia abajo, y La fuerza centrífuga, por causa de la curvatura, radialmente hacia afuera.

Por el rozamiento entre la llanta y el pavimento desarrolla una fuerza de sentido contrario al de la fuerza centrífuga, es decir, hacia el centro de la curva, que impide que el vehículo se deslice hacia el exterior, mientras la fuerza centrífuga se mantenga dentro de ciertos límites bajos.

Si se levanta el borde exterior de la calzada para darle una pendiente transversal, el peso del vehículo se descompone en dos fuerzas; una componente paralela a la superficie de la vía (P_h), que ayuda a contrarrestar, hasta cierto punto, la fuerza centrífuga; y otras componentes, normal a la superficie, que también ayuda en el mismo sentido. Esta operación se hace levantando el borde exterior, bajando el borde interior, o ambas al mismo tiempo, hasta que la superficie de la vía forma transversalmente un ángulo α con la horizontal; esta pendiente transversal es lo que se llama PERALTE

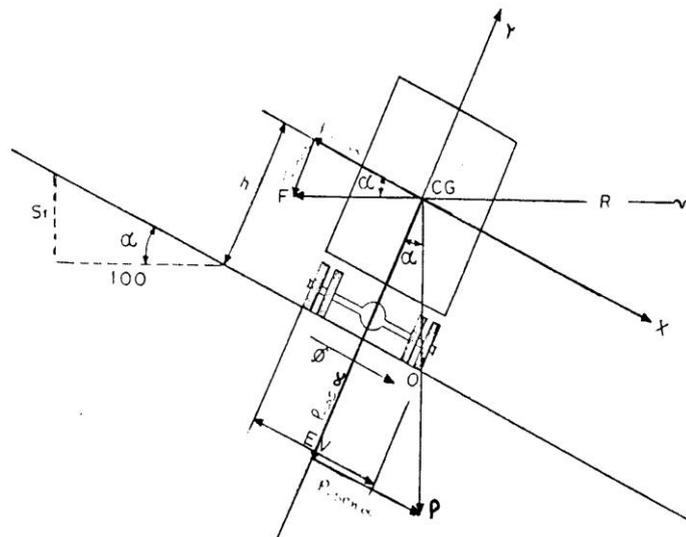


FIGURA 3.3.3: Estabilidad del vehículo en las curvas

La fuerza centrífuga “F” se calcula según la fórmula 3.3.6:

$$F = \frac{mV^2}{R} = \frac{P*V^2}{g R} \quad (3.3.6)$$

Donde:

P= Peso del vehículo, Kg.

V= Velocidad de diseño, m/seg.

g= Aceleración de la gravedad = 9.81 m/seg².

R= Radio de la curva circular, m.

Coefficiente de fricción lateral: La inestabilidad debida a la fuerza centrífuga puede manifestarse de dos maneras: por deslizamientos o por volcamiento.

La condición necesaria y suficiente para que no se produzca el volcamiento es que el momento del peso respecto al eje en el punto “O” sea menor que el momento de la fuerza centrífuga respecto al mismo eje. Si el vehículo tiene un ancho EV y la altura de su centro de gravedad es “h”, se tendrá:

$$F_x = P * \operatorname{sen} \alpha - F * \cos \alpha = (P * \tan \alpha - F) \cos \alpha \quad (3.3.7)$$

$$F_y = -P * \cos \alpha + F * \operatorname{sen} \alpha = (-P + F * \tan \alpha) \cos \alpha \quad (3.3.8)$$

La condición necesaria y suficiente para que el vehículo no se deslice al transitar por la curva es:

$$\sum F_x = 0 \quad (3.3.9)$$

$$F_x + \phi = 0 \quad (3.3.10)$$

Donde:

$$\phi = f * P_x * \cos \alpha \quad (3.3.11)$$

Siendo “f” el coeficiente de fricción lateral.

Si el camino se mantiene transversalmente horizontal, la fuerza centrífuga “F” sería absorbida exclusivamente por el peso “P” del vehículo y el rozamiento por rotación. Esto conduce a la conclusión de que es necesario introducir el peralte de la curva, para lo cual se da al camino una inclinación transversal, de tal manera que sea ésta inclinación la que absorba parte del valor de la fuerza centrífuga.

Si se introduce el peralte en la curva, dándole una sobre elevación “H” al borde exterior, aparecerán fuerzas que fijarán el vehículo a la calzada.

Del análisis de la figura 3.3.3 se desprende que las fuerzas que se resisten al deslizamiento transversal del vehículo son: $P * \sin \alpha$, $F * \sin \alpha$ y $P * \cos \alpha$, mientras solamente $F * \cos \alpha$ es la que produce el deslizamiento. El coeficiente de rozamiento transversal afectaría únicamente a aquellas fuerzas normales a la calzada, esto es $F * \sin \alpha$ y $P * \cos \alpha$.

En estas condiciones, la ecuación de equilibrio será:

$$F \cdot \cos \alpha = P \cdot \sin \alpha + (F \cdot \sin \alpha + P \cdot \cos \alpha) \quad (3.3.12)$$

Luego de hacer reemplazos y simplificaciones se llega a la siguiente ecuación:

$$R = \frac{V^2}{127(\tan \alpha + f)} \quad (3.3.13)$$

Donde la pendiente transversal de la calzada "e" = tan α . Por lo que la ecuación se toma la siguiente forma:

$$e + f = \frac{V^2}{127 R} \quad (3.3.14)$$

De la fórmula para el cálculo del peralte siguiente:

$$e = \frac{V^2}{127 R} - f \quad (3.3.15)$$

Donde:

e = Peralte de la curva, m/m (metro por metro de ancho de la calzada).

V = Velocidad de diseño, Km /h.

R = Radio de la curva, m.

f = Máximo coeficiente de fricción lateral. (Ver tabla 3.3.8)

Debido a la fricción desarrollada entre las llantas del vehículo y la calzada, el MOP recomienda máximos valores de coeficiente de fricción lateral “f” en función de la velocidad de diseño Vd. que presenta la vía como se muestra a continuación:

Vd (Km/h)	f máx
40	0.165
50	0.159
60	0.152
70	0.146
80	0.140
90	0.134
100	0.127
110	0.121
120	0.115

TABLA 3.3.8: Coeficientes de fricción lateral
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

Además el MOP recomienda un porcentaje de gradiente longitudinal “i” en función de la Velocidad de Diseño “Vd”, así:

Vd (Km/h)	i (%)
40	0.70
50	0.65
60	0.60
70	0.55
80	0.50
90	0.47
100	0.43
110	0.40

TABLA 3.3.9: Gradiente Longitudinal
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

En el Capítulo # 2 se determinó que la Velocidad de Diseño para la carretera proyectada, por lo tanto:

$$f_{m\acute{a}x} = 0.146 \quad e, \quad i = 0.55$$

Magnitud del peralte: El uso del peralte provee comodidad y seguridad al vehículo que transita sobre el camino en curvas horizontales, sin embargo el valor del peralte no debe sobrepasar ciertos valores máximos ya que un peralte exagerado puede provocar el deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva cuando el mismo circula a baja velocidad. Debido a estas limitaciones de orden práctico, no es posible compensar totalmente con el peralte la acción de la fuerza centrífuga en las curvas pronunciadas, siendo necesario recurrir a la fricción, para que sumado al efecto del peralte, impida el deslizamiento lateral del vehículo, lo cual se lo contrarresta al aumentar el rozamiento lateral.

Se recomienda para vías de dos carriles un peralte máximo del 10% para carreteras y caminos con capas de rodadura asfáltica, de concreto o empedrada para velocidades de diseño mayores a 50 Km/h; y del 8% para caminos con capa granular de rodadura (caminos vecinales tipo 4, 5 y 6) y velocidades hasta 50 Km/h.

Para utilizar los valores máximos del peralte deben tenerse en cuanto los siguientes criterios para evitar:

Un rápido deterioro de la superficie de la calzada en caminos de tierra, subbase, por consecuencia del flujo de aguas de lluvia sobre ellas.

Una distribución no simétrica del peso sobre las ruedas del vehículo, especialmente los pesados.

El resbalamiento dentro de la curva del vehículo pesado que transita a una velocidad baja.

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

Se debe encontrar la manera de hacer variar la fuerza centrífuga del valor cero, que tiene en la alineación recta, al valor "F" que tiene una curva de radio "R". El desarrollo o transición del peralte puede efectuarse con una curva de enlace, que regule la trayectoria del vehículo durante su recorrido en la transición, o sin curva de enlace, dependiendo de dos factores que son: El valor del radio de la curva que se peralta y la comodidad del recorrido vehicular para realizar el peraltado de las curvas y la transición del peralte; existen tres métodos:

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

Longitud de transición: Para llevar a cabo el cambio de la sección transversal de una vía en tangente, cuya inclinación se denomina bombeo, a la sección transversal con el peralte requerido en una curva, se necesita establecer o diseñar una transición entre estas dos.

Se llama longitud de transición, o simplemente transición, a la distancia en que se efectúa el cambio de la sección normal en tangente a la sección con peralte pleno en la curva.

En curvas circulares simples existe la longitud del peraltado y se distribuye de la siguiente manera:

- 2/3 en la recta y
- 1/3 en la curva

El MOP establece que la longitud de transición debe tener una gradiente longitudinal (i) que es la misma que debe tener el perfil del borde exterior y que varía desde 0.4 % hasta un 0.7 %.

Las expresiones matemáticas que permiten realizar el cálculo del peralte vienen dadas a continuación:

$$L_p = \frac{e \cdot a}{2i} \quad (3.3.16)$$

$$x = \frac{b \cdot a}{2i} \quad (3.3.17)$$

Donde:

L_p : Longitud de transición del peralte

e : (%) peralte

i : Gradiente longitudinal

b : Bombeo (%)

a : Ancho de vía (m)

Radio mínimo absoluto: Una vez definido el peralte máximo, el coeficiente de fricción máximo y la velocidad específica, podemos determinar el radio mínimo con la expresión:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 * (e_{\max} + f_{\max})} \quad (3.3.18)$$

La siguiente tabla condensa los radios mínimos absolutos para las velocidades específicas indicadas; y solo podrán ser usados en situaciones extremas, deberá evitarse su incorporación en tramos que superan las características mínimas.

Velocidad de diseño (Km/h)	Peralte máximo recomendado (e)	Fricción lateral (f máx)	Factor e+f	Radio mínimo (m)	
				Calculado	Redondeado
40	0.10	0.1650	0.2650	47.54	50.00
50	0.10	0.1588	0.2588	76.06	80.00
60	0.10	0.1524	0.2524	112.31	115.00
70	0.10	0.1462	0.2462	156.71	160.00
80	0.10	0.1400	0.2400	209.97	210.00
90	0.10	0.1337	0.2337	272.91	275.00
100	0.10	0.1274	0.2274	346.26	350.00
110	0.10	0.1211	0.2211	430.92	435.00

TABLA 3.3.10: Radios Mínimos Absolutos recomendados
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

Para curvas con radio comprendido entre 40 y 170 metros, el peralte máximo deberá ser del 10% con variación de velocidad específica entre 30 y 70 Km/h respectivamente.

Normalmente resultan justificados radios superiores al mínimo, con peraltes inferiores al máximo, que resultan más cómodos tanto para los vehículos lentos como para vehículos rápidos. Si se decide emplear radios mayores que el mínimo, habrá que elegir el peralte en

forma tal que la circulación sea cómoda, tanto para los vehículos lentos como para los rápidos.

Se presenta el diseño y el cálculo de los peraltes para las curvas horizontales que intervienen en el proyecto en **ANEXO 3.3.1.2**, a excepción de las curvas 8, 9, 10 y 11 donde solo existirá en bombeo transversal de la vía. Luego de definir los peraltes de diseño para cada curva horizontal existente se procede a calcular las cotas de proyecto y de las secciones transversales producto del peralte.

3.3.2 Alineamiento Vertical

El perfil vertical de una carretera es tan importante como el alineamiento horizontal y debe estar en relación directa con la velocidad de diseño, con las curvas horizontales y con las distancias de visibilidad. En ningún caso se debe sacrificar el perfil vertical para obtener buenos alineamientos horizontales

El alineamiento vertical, es decir el eje de la vía visto de perfil, también está formado por una sucesión de tramos rectos y curvas en los empalmes. Los tramos rectos, son líneas de pendiente constantes, y las curvas verticales permiten el cambio suave de la pendiente para pasar de una a otra.

Para un mejor alineamiento se debe tener las siguientes consideraciones:

Se debe evitar los perfiles con gradientes reversas agudas y continuadas, en combinación con el alineamiento horizontal en su mayor parte en línea recta, por constituir un serio peligro; esto se debe evitar introduciendo una curvatura horizontal o por medios más suaves, la que significa mayores cortes y rellenos.

Deben evitarse perfiles que contengan dos curvas verticales de la misma dirección entrelazadas por medios de tangentes cortadas.

En ascensos largos, es preferible que las gradientes más empinadas estén colocadas al principio del ascenso y luego se la suavice cerca de la cima; también es preferible emplear un tramo de pendiente máxima, seguido por un tramo corto de pendiente suave en la cual los vehículos pesados puedan aumentar en algo la velocidad, después de la cual siguen otra vez un nuevo tramo con pendiente máxima, en vez de proyectar un tramo largo de una sola pendiente aunque esta sea algo más suave. Esto es particularmente aplicable a carreteras diseñadas con velocidad de diseño bajas.

En la selección de la curva vertical a emplearse en un enlace determinado debe tener en cuenta la apariencia estética de la curva y los requisitos para drenarla calzada en forma adecuada.

3.3.2.1 Curvas Verticales:

Las curvas verticales se utilizan para empalmar dos tramos de pendientes constantes determinadas, con el fin de suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos: ayuda también en la seguridad, a la comodidad y a la mejor apariencia de la vía.

La curva puede ser de cualquier tipo desde curva circular hasta la curva más usual que es la parábola simple que se aproxima a una curva circular. Debido a que la medida de longitudes en una carretera se hace sobre un plano horizontal y las gradientes son relativamente planas, prácticamente no hay error alguno en adoptar la parábola.

El diseño vertical se realiza con base en el perfil del terreno a lo largo del eje de la vía que marca la trayectoria del vehículo. Y dependiendo de las tangentes las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas.

Elementos de una curva vertical: En el siguiente grafico se muestra los diferentes elementos que conforman una curva vertical:

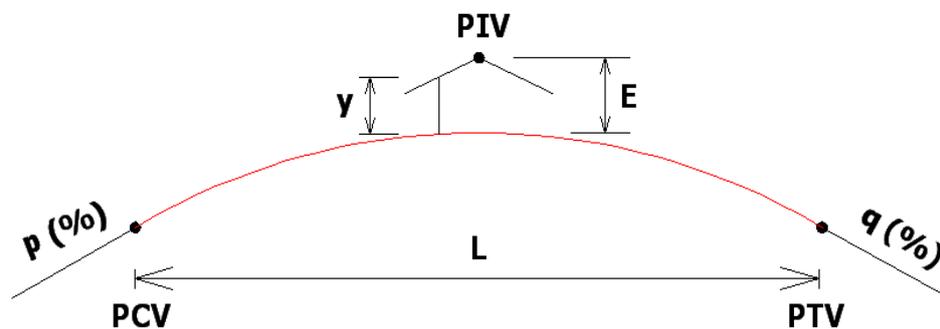


FIGURA 3.3.4: Elementos de una Curva Vertical

Donde:

PCV: Punto comienzo de Curva Vertical

PIV: Punto de intersección vertical

PTV: Punto final de Curva Vertical

E: External distancia vertical entre el PIV y la curva

L: Longitud de Curva Vertical

p (%): Pendiente inicial o de llegada expresada en porcentaje (G1)

q (%): Pendiente final o de salida expresada en porcentaje (G2)

Si la curva vertical relacionada con los ejes de coordenados xy tiene un comienzo de curva PCV; G1 será la pendiente de entrada a la curva y tiene un final de curva PTV, G2 la pendiente salida considerada positiva si asciende en sentido de marcha del vehículo, y

negativa en sentido contrario. El cambio de pendiente a lo largo de la curva es la diferencia algebraica.

$$|A| = G_1 - G_2 \quad ; \quad G = m, \quad \text{Gradiente} = \text{Pendiente} \quad (3.3.19)$$

Sus tangentes varían de acuerdo a la distancia horizontal a partir del punto de tangencia, según la fórmula 3.3.20.

$$Y = \left(\frac{A * x^2}{200 * L_{cv}} \right) \quad (3.3.20)$$

En donde

A = Diferencia algebraica de gradiente (%)

x= Distancia horizontal medida desde el punto de tangencia hasta la ordenada, (m).

Lcv= Longitud de la curva vertical, este valor varía dependiendo si es cóncava o convexa (m).

La relación Lcv/A expresa la longitud de la curva en metros, por cada % de la diferencia algebraica de gradientes.

La distancia de visibilidad de parada (s) se resume en la siguiente fórmula:

$$S = 0.70 Vd + \frac{Vd^2}{254 (f - G)} \quad (3.3.21)$$

Donde:

Vd: Velocidad de Diseño (km/h)

f: Factor de corrección de pendiente. (Observar tabla)

G: Máxima pendiente entre las 2 tangentes

X: Distancia horizontal medida a partir de PCV

El factor de corrección de pendiente “f” se encuentra en función de la Velocidad de Diseño Vd y sus valores vienen presentados a continuación:

VELOCIDAD DE DISEÑO Vd (Km/h)	FACTOR DE CORRECCION DE PENDIENTE (f)
40	0.384
50	0.362
60	0.344
70	0.332
80	0.320
90	0.310
100	0.301

TABLA 3.3.11: Factor de corrección de pendientes
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

Curvas Verticales Convexas: La longitud mínima de las curvas verticales se determina, en base a los requerimiento de las distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerado en una altura del ojo del conductor de 1.15 metros. Esta longitud se expresa por la formula 3.3.2.2.

$$L_{CV} = \frac{(A * S^2)}{426} \quad (3.3.22) \quad \text{cuando } S < LCV$$

Donde:

Lcv = Longitud de la curva convexa, (m)

A = Diferencia algebraica de las gradientes, (%)

S = Distancia de visibilidad para la parada de un vehículo (m)

La longitud de una curva vertical en su expresión más simple es:

$$L_{CV} = K * A \quad (3.3.23)$$

$$K = \frac{S^2}{426} \quad (3.3.24)$$

Curvas Verticales Cóncavas: Por motivo de seguridad, es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad. La formula 3.3.24 indica la relación entre la longitud de la curva, la diferencia algebraica de gradientes y la distancia de visibilidad.

$$L_{CV} = \frac{AS^2}{122 + 3.5 * S} \quad (3.3.25) \quad \text{cuando } S < LCV$$

La formula anterior se basa a una altura de 0.60, para los faros de los vehículos y en un grado de divergencia hacia arriba de los rayos de luz con respecto al eje longitudinal del vehículo. En la expresión más simple se tiene:

$$L_{CV} = K * A \quad (3.3.26)$$

$$K = \frac{S^2}{122 + 3.5 * S} \quad (3.3.27)$$

3.3.2.2 **Gradientes Máximas y Mínimas:**

La gradiente del eje de la carretera puede producir variaciones de velocidad de operación de los vehículos. Si la pendiente es cero, es decir el tramo es horizontal, no afecta a la velocidad, es negativa, los conductores tiende a bajar la velocidad por razones de seguridad; y si es positiva, la componente del peso del vehículo es paralela a la

superficie de la vía se opone a la fuerza de tracción, lo cual hace que especialmente los vehículos pesados (camiones) reduzca la velocidad.

Gradientes máximas: Se debe evitar las pendientes muy altas de esta forma se busca mantener constante la velocidad de operación para la cual se diseño la vía. En carreteras de alta velocidad es conveniente que las gradientes no pasen de un 3% la cual se da en la tabla 3.3.12 los valores de gradientes máximos dados por la AASTHO.

VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	PENDIENTE MÁXIMA %
50	6 – 8
65	5 – 7
80	4 – 6
95	3 – 6
110	4 – 5

TABLA 3.3.12: Pendientes máximas recomendadas

Gradientes de diseño: De acuerdo con las velocidades de diseño que depende del volumen de tráfico y de la topografía del terreno se tiene la tabla 3.3.13

CLASE DE CARRETERA	VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
	LL	O	M	LL	O	M
I	3	4	6	3	5	7
II	3	4	6	4	6	8
III	3	5	7	4	7	9
IV	4	6	8	6	8	10
V	4	6	8	6	8	12

TABLA 3.3.13: Valores de diseño de las gradientes longitudinales (%)
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

En longitudes cortas se pueden aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y montañosos, a fin de reducir los costos de construcción.

Gradientes mínimas: La gradiente longitudinal mínima usual es de 0,5 por ciento. Se puede adoptar una gradiente de cero por ciento para el caso de rellenos de 1 metro de altura o más y cuando el pavimento tiene una gradiente transversal adecuada para drenar lateralmente las aguas de lluvia.

Longitudes críticas de las gradientes: El término “longitud crítica de gradiente” se usa para indicar la longitud máxima de gradiente cuesta arriba, sobre la cual puede operar un camión representativo cargado, sin mayor reducción de su velocidad y, consecuentemente, sin producir interferencias mayores en el flujo de tráfico.

Para una gradiente dada, y con volúmenes de tráfico considerables, longitudes menores que la crítica favorecen una operación aceptable, y viceversa.

A fin de poder mantener una operación satisfactoria en carreteras con gradientes que tienen longitudes mayores que la crítica, y con bastante tráfico, es necesario hacer correcciones en el diseño, tales como el cambio de localización para reducir las gradientes o añadir un carril de ascenso adicional para los camiones y vehículos pesados.

Esto es particularmente imperativo en las carreteras que atraviesan la cordillera de los Andes. Los datos de longitud crítica de gradiente se usan en conjunto con otras consideraciones, tales como el volumen de tráfico en relación con la capacidad de la carretera, con el objeto de determinar sitios donde se necesitan carriles adicionales. (Para carreteras de dos carriles, como guía general, debe considerarse una

vía auxiliar de ascenso cuando el volumen de tránsito horario empleado en el diseño exceda en un 20% la capacidad proyectada para la gradiente que se estudia.)

Para establecer los valores de diseño de las longitudes críticas de gradiente, se asume lo siguiente:

Un camión cargado tal que la relación de su peso-potencia (Libras por cada H.P) sea aproximadamente igual a 400.

La longitud crítica de gradiente es variable de acuerdo con la disminución de la velocidad del vehículo que circula cuesta arriba; esto es, a menor reducción de la velocidad se tiene una mayor longitud crítica de gradiente.

Se establece una base común en la reducción de la velocidad, fijándola en 25 kph para efectos de la determinación de la longitud de la gradiente crítica promedio.

GRADIENTE CUESTA ARRIBA %	LONGITUD CRÍTICA (M)
2	INFINITO
3	500
4	370
5	230
6	180
7	150
8	125
9 – 12	100

TABLA 3.3.14: Valores de diseño de longitud crítica
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras MOP

Finalmente el diseño y el cálculo de las curvas verticales que intervienen en la carretera a diseñarse se presentarán en **ANEXOS 3.3.2.**

3.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS

El arte de la construcción de carreteras radica esencialmente en la ejecución del movimiento de tierras, y generalmente, esta actividad es la más abultada dentro del costo de construcción de una carretera. De la buena ejecución del trabajo y de su correcto control dependerá el éxito técnico en la obra y los beneficios económicos que de ella derivan.

El estudio del cálculo y ejecución de las obras de movimiento de tierras, junto con el estudio del diseño de las obras de arte (alcantarillas, cunetas), se presentan a continuación del tema de anteproyecto de carreteras, ya que las cantidades que arrojen los cálculos del movimiento de tierra y el conocimiento de las obras de arte requeridas permitirán calcular el costo inicial de construcción de una vía, y comparar así las ventajas de un anteproyecto sobre otro.

El movimiento de tierras es una ciencia que requiere, muy a menudo, una gran precisión. Al aplicarla en gran escala exige la experiencia y los conocimientos de un ingeniero especialista. El tema abarca tanto los cálculos métricos de los volúmenes a mover como los principios de ejecución del trabajo.

3.4.1 Limpieza y Desbroce

Este trabajo consistirá en despejar el terreno necesario para llevar a cabo la obra contratada, de acuerdo con las presentes especificaciones y los demás documentos contractuales. En la zonas indicadas en los planos o

señaladas por el ingeniero, se eliminarán todos los árboles, arbustos, troncos, cercas vivas, matorrales y cualquier otra vegetación; también se incluye en este rubro la remoción de la capa de tierra vegetal hasta la profundidad indicada en los planos o por el ingeniero, así como hasta la profundidad indicada en los planos o por el ingeniero, así como la disposición en forma satisfactoria al ingeniero de todo el material proveniente de la operación de desbroce, desbosque y limpieza.

Estos trabajos incluirán a todas las zonas de préstamo, canteras y minas dentro de la zona del camino y las afueras de las mismas que estén señaladas en los planos o por el ingeniero como fuentes designadas u opcionales de materiales de construcción.

Este trabajo contemplará también la conservación, evitando todo daño o deformación, de la vegetación o plantaciones y objetos destinados a conservarse.

El Ministerio se reserva el derecho de efectuar el desbosque dentro de la zona del camino, o por administración o por contrato separado y antes de la entrega del Aviso de Comenzar, en cuyo caso se exigirá del Contratista solamente el desbroce y limpieza de acuerdo a las estipulaciones de este subcapítulo.

La limpieza y desbroce, se efectuarán por medios eficaces manuales y mecánicos, incluyendo la tala, repique y cualquier otro procedimiento que dé resultados que el ingeniero considere satisfactorios. Por lo general, se lo efectuará dentro de los límites de construcción y hasta dos metros por fuera de estructuras y las líneas exteriores de taludes, inclusive cualquier redondeo especificado; en todo caso se pagará al Contratista solamente por los trabajos efectuados dentro de los límites de desbroce, desbosque y limpieza señalados en los planos o indicados por el Fiscalizador.

Cuando en el contrato se prevea la conservación y colocación en áreas de siembra de la capa de tierra vegetal, este material será almacenado en sitios aprobados por el Fiscalizador hasta su incorporación en la obra nueva y todo el trabajo de transporte, almacenamiento y colocación será pagado de acuerdo con las especificaciones.

En las zonas de excavaciones o de terraplenes de altura inferior a 2.00 metros, se deberán remover y desechar todos los troncos, raíces, vegetación en general y material calificado por el Fiscalizador como inadecuado y, si en los documentos contractuales se lo exige, remover y almacenar para su uso posterior la capa de tierra vegetal superficial.

En las zonas que deban ser cubiertas por terraplenes de altura superior a 2.00 metros, la tala de árboles se podrá realizar de modo que el corte se haga a una altura no mayor a 20.00 centímetros sobre la superficie del terreno natural; los arbustos y maleza se eliminarán por completo y el césped se deberá cortar al ras. Los árboles deberán ser removidos por completo en lugares donde esté prevista la construcción de estructuras o sub-drenes, pilotaje, la excavación en forma escalonada para terraplenado, la remoción de la capa de tierra vegetal o la remoción de material inadecuado.

En las zonas que deban ser cubiertas por terraplenes y en que haya que eliminar la capa vegetal material inadecuado, raíces, se emparejará y compactará la superficie resultante luego de eliminados tales materiales. El relleno y la compactación se efectuarán de acuerdo a lo estipulado en las especificaciones.

El destronque de zonas para cunetas, rectificación de canales y cauces, se efectuará hasta obtener la profundidad necesaria para ejecutar la excavación correspondiente a esas superficies.

En las área fuera de los límites de construcción y dentro de los límites señalados para el desbroce, desbosque y limpieza, los troncos se cortarán tan al ras del terreno natural como sea factible, pero en ningún caso se los dejarán a una altura mayora a 30 centímetros; no se requerirá en estas áreas la remoción de arbustos ni de otra vegetación que no sean árboles.

Todos estos trabajos deberán realizarse en forma tal que no afecten la vegetación, construcciones, edificaciones, servicios públicos, etc. Que no se encuentren en las áreas laterales colindantes.

No podrá iniciarse el movimiento de tierras en ningún tramo del proyecto, mientras las operaciones de desbroce, desbosque y limpieza de las áreas señaladas en dicho tramo no hayan sido totalmente concluidas en forma satisfactoria al ingeniero y de acuerdo con el programa de trabajo aprobado.

3.4.2 Excavaciones y Rellenos

Excavación y rellenos en general: Estos trabajos consistirán en excavación, transporte, desecho, colocación, manipuleo, humedecimiento y compactación del material necesario a remover en zonas de corte y a colocar en zonas de relleno para lograr la construcción de la obra básica y estructuras de drenaje y todo otro trabajo de movimiento de tierras que no sea incluido en las especificaciones y que sea requerido en la construcción del camino, de acuerdo con los documentos contractuales y la instrucciones del Fiscalizador.

Todo material aprovechable de las excavaciones será utilizado en la construcción de terraplenes, diques y otros rellenos conforme se estipule en los documentos contractuales e indique el ingeniero. Cualquier material excedente y el material inadecuado que hubiese, serán utilizados o desechados de acuerdo a lo estipulado en las especificaciones respectivamente.

La remoción de cualquier capa existente de sub-base, base o superficie de rodadura, excepto pavimento de hormigón, será considerado como parte de la excavación correspondiente al sector en que se encuentran dichas capas y no se efectuará ningún pago aparte por la remoción.

Excavación para la plataforma del camino: Este trabajo consistirá en la excavación y disposición en forma aceptable al ingeniero, de todo el material cuya remoción sea necesaria para formar la obra básica del camino y cuya medición y pago no estén previstos por otros rubros del contrato. Se incluye la construcción de cunetas laterales, taludes, terraplenes, escalones para terraplenado a media ladera, zonas de empalmes y accesos, la remoción y reemplazo de material inadecuado para la construcción del camino, la excavación y acarreo del material designado para uso como suelo seleccionado, la remoción de derrumbes conforme a lo estipulado en las especificaciones y el desecho de todo material excedente. Todo lo cual se deberá ejecutar de acuerdo a las presentes especificaciones, las disposiciones especiales y con los alimentos, pendientes y secciones transversales señalados en los planos o fijados por el ingeniero. La excavación será clasificada como “Excavación sin clasificar”, “Excavación en roca” o “Excavación en fango”, de acuerdo a las definiciones que se presentan a continuación. Si fuera autorizado efectuar excavación de préstamo para contar con el material adecuado requerido para el terraplenado y rellenos, ésta será llevada a cabo de acuerdo a las especificaciones.

Excavación sin clasificar: La excavación sin clasificar es aquella excavación y desalojo que se realiza de todos los materiales de cualquier clase y que sean encontrados durante el trabajo, exceptuando aquellas excavaciones que son realizadas de acuerdo a otros rubros del contrato.

Excavación de roca: La excavación de roca es aquella remoción y desalojo de todo material peñascoso de origen ígneo, metamórfico o

sedimentario, en forma estratificada o maciza, cuyo quebrantamiento, a juicio del ingeniero, es necesario realizarlo mediante el uso de explosivos. No se considerará como excavación de roca ninguna excavación que resulta factible por medio del empleo de desagarradores de tipo comercial.

También será clasificado como excavación de roca, el quebrantamiento mediante explosivos y el desalojo de piedras grandes individuales de volumen superior a un metro cúbico, aproximadamente, y cuyo desalojo o incorporación en la obra no sería factible sin dicho quebrantamiento, a juicio del ingeniero.

Excavación en fango: La excavación en fango es aquella excavación y desalojo que se realiza de materiales compuestos de tierra o materia orgánica cuyas características y estado son tales que su remoción mediante empleo de topadores, traíllas o cargadores no sería factible a juicio del ingeniero y su incorporación en la obra no sería aceptable.

Excavación para estructuras: Este trabajo consistirá en la excavación necesaria para la construcción de las cimentaciones para puentes y otras estructuras, además de la excavación de las zanjas para la instalación de alcantarillas, tuberías, u otras obras de arte. También incluirá cualquier otra excavación designada en los documentos contractuales como excavación estructural, así como el control y evacuación de agua, y la construcción y remoción de tablaestacado, apuntalamiento, arriostramiento, ataguía u otras instalaciones necesarias para la debida ejecución del trabajo. Todas las excavaciones se harán de acuerdo con los alineamientos, pendientes y cotas señaladas en los planos o por el Fiscalizador.

Excavación para alcantarillas: El ancho de la zanja que se excave para una alcantarilla o un conjunto de alcantarillas será de acuerdo a lo indicado en los planos o como indique el Ingeniero. El ancho no podrá ser aumentado por el Contratista para su conveniencia de trabajo excepto con la

autorización expresa del Ingeniero.

En caso que el lecho para la cimentación de alcantarillas resulte ser de roca, u otro material muy duro, se realizará una profundización adicional de la excavación a partir del lecho, hasta 1/20 de la altura del terraplén sobre la alcantarilla, pero en todo caso no menor a 30 centímetros ni mayor a 1.00 metro. El material removido de este sobre-excavación será reemplazado con material de relleno para estructuras que será compactado por capas de 15 centímetros, de acuerdo a lo previsto en las especificaciones.

Si el material de cimentación no constituye un lecho firme, debido a su blandura, esponjamiento u otras características inaceptables, este material será retirado hasta los límites indicados por el Fiscalizador. El material retirado será reemplazado con material seleccionado de relleno que se compactará por capas de 15 centímetros de espesor conforme a lo estipulado en las especificaciones hasta alcanzar el nivel de cimentación fijado.

El lecho de la zanja deberá ser firme en todo su ancho y longitud. De ser así señalado en los planos o requerido por el Ingeniero, se dará al lecho una flecha longitudinal en el caso de alcantarillas tubulares transversales.

Cuando se lo especifique en los planos se efectuará la excavación para alcantarillas tubulares a ser colocadas en zonas de terraplén, después de haberse terminado el terraplén y hasta cierta altura por encima de la cota de la alcantarilla, de acuerdo a lo indicado en los planos u ordenado por el Fiscalizador.

Excavación de Préstamo: La excavación de préstamo consistirá en la excavación, acarreo e incorporación en la obra de material apto para la construcción de terraplenes y rellenos, cuando no se pueda obtener la cantidad suficiente de material de excavación dentro de los límites fijados

para la plataforma, canales, zanjas y estructuras.

Será terminantemente prohibida la excavación de material de préstamo de los lechos de ríos dentro de una distancia de 500 metros del sitio de un puente.

Con anticipación a las operaciones de excavación, se realizarán en todas las zonas de préstamo los trabajos de desbroce y limpieza.

Será obligación del Contratista el dejar a las zonas de préstamo, una vez explotadas, debidamente conformadas y emparejadas para que tengan un buen aspecto.

Material de préstamo local: Este material se obtendrá de zonas de préstamo localizadas junto a la plataforma del camino y dentro de la zona del camino.

Las zonas de préstamo local serán señaladas en los planos y disposiciones especiales o indicadas por el Fiscalizador. En lo posible el material se conseguirá efectuando una ampliación lateral de los cortes para formar una plataforma adicional de protección del camino y para mejorar la distancia de visibilidad en las curvas. En esta última instancia la ampliación se realizará en el lado interior de las curvas donde sea practicable.

Material de préstamo importado: Este material se obtendrá de aquellas zonas de préstamo localizadas fuera del derecho de vía, cuya ubicación será la responsabilidad del Contratista, salvo que en los planos o disposiciones especiales se las indiquen como fuentes designadas para préstamo. Cuando las fuentes no sean designadas por el Ministerio el Contratista deberá hacer todos los arreglos necesarios para obtener el material de préstamo y pagar todos los costos involucrados, inclusive el costo de construir y mantener cualquier camino de acceso que sea requerido.

Excavación para cunetas: Este trabajo consistirá en la excavación para la construcción de zanjas dentro y adyacentes a la zona del camino, para recoger y evacuar las aguas superficiales.

El sistema de cunetas comprenderá todas las cunetas laterales y canales abiertos cuyo ancho a nivel del lecho sea menor de tres metros, zanjas de coronación, tomas y salidas de agua, así como toda otra cuneta que pueda ser necesaria para la debida construcción de la obra y cuyo pago no sea previsto bajo otros rubros del contrato.

Rellenos Generales (Terraplén): Este trabajo consistirá en la construcción de terraplenes para caminos por medio de la colocación de materiales aprobados provenientes de los cortes y, de ser requerido, de las zonas de préstamo; se formarán capas debidamente emparejadas, hidratadas u oreadas, y compactadas de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales y a las instrucciones del Fiscalizador. Se incluye además la preparación necesaria de las áreas en que los terraplenes serán construidos, la colocación y compactación de material en reemplazo de material inadecuado que se haya removido y la construcción de terraplenes provisionales para sobrecarga.

3.4.3 Equipos para Movimientos de Tierra

Al referirse a los trabajos de movimientos de tierras, las Especificaciones para la Construcción de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas agrupan las siguientes operaciones:

Remoción de tierras desechables; banqueos; excavaciones en préstamos, ejecución de terraplenes, transporte.

Bajo el título de remoción de tierras desechables en la base de terraplenes se incluyen los trabajos de remoción, transporte y bote de los suelos que por

su calidad o condición no son propios para constituir el asiento de los terraplenes. El equipo recomendado para realizar esta operación consiste en tractores, palas mecánicas y mototraíllas.

Por banqueos se entiende en las especificaciones todos los trabajos de excavación a máquina y con explosivos, según el caso, del terreno natural, con el fin de lograr las cotas y secciones transversales establecidas en el proyecto; este trabajo requiere un equipo a base de compresores, tractores, traíllas, mototraíllas, palas mecánicas, equipos especiales de perforación y voladura y camiones.

La excavación en préstamos comprende todos los trabajos de excavación a máquina o con explosivos, en sitios de préstamos, para proveer materiales para la construcción de terraplenes, y se realiza con tractores con pala de empuje, compresores, traíllas, mototraíllas, palas mecánicas, equipos especiales de perforación y voladura y camiones.

La ejecución de terraplenes se refiere a los trabajos requeridos para la construcción y compactación de terraplenes, lo cual se hace con tractores de oruga para remolque, tractores de oruga con cuchilla para extender los materiales, tractores de ruedas de caucho para remolque, motoniveladoras, rastras, camiones cisternas, compactadores vibratorios, rodillos pata de cabra, compactadores de rueda neumática, supercompactadores, aplanadoras de rodillos lisos, aplanadoras con zapata, etc.

Y, por último, el transporte comprende todos los que se hagan a distancias mayores de 200 metros, de los materiales relativos al movimiento de tierras, y se lleva a cabo con tractores, traíllas, mototraíllas y camiones.

En síntesis, y de acuerdo con las operaciones indicadas, los equipos de movimiento de tierras se pueden clasificar en tres grupos principales: equipos de excavación, equipos de remoción y transporte, y equipos de

esparcimiento y compactación. En cada uno de estos tres grupos se pueden incluir, entre otras las siguientes máquinas.

Equipos de excavación.- Tractores, Palas, Escarificadoras, Motoniveladoras.

Equipos de remoción y transporte.- Tractores de Empuje, Traíllas, Mototraíllas, Camiones o volquetes.

Equipos de esparcimiento y Compactación.- Motoniveladoras, Aplanadoras, Rodillos Pata de Cabra, Rodillos neumáticos, Compactadores vibratorios.

La selección del equipo adecuado a una determinada obra depende de las cantidades de materiales a remover, de las características de los mismos, de la distancia de transporte, de las condiciones del lugar de trabajo y del tiempo disponible para la ejecución de la obra.

Tractores de Oruga: La gran importancia adquirida por los tractores oruga en los trabajos de movimiento de tierras, en que el precio de coste juega un importante papel, data del momento en que se les incorporó el motor diesel. El diesel rápido permite poner a disposición de los constructores un motor seguro, relativamente ligero, desprovisto de vibraciones peligrosas



FIGURA 3.4.1 y 3.4.2: Tractores de oruga

El tractor-oruga se emplea rara vez solo, como órgano aislado en unas obras, De todos modos, citaremos las aplicaciones siguientes, que son excepcionales: el arranque de árboles o de cepas por cable simple o de retorno, el arrastre, la manipulación de cajas o de piezas pesadas en unas obras de montaje etc.

Los tipos de trabajos a los que se adapta particularmente el tractor de oruga son:

Los trabajos de roturación, de desescombrado, de laboreo profundo, de escarificación y de empuje de tierras con poca o mediana velocidad de avance y en los casos en que la adherencia juega un papel primordial por causa de los esfuerzos de tracción que deben realizarse.

Las operaciones de remolque, con o sin excavación, a poca velocidad, en largas y pronunciadas pendientes, en terreno desfavorable, en los lugares en que se está limitado por la capacidad de sostenimiento del suelo, por ejemplo, en el barro, en suelos disgregados, en la tierra recién acarreada, etc.

Retroexcavadora: El neumático, cuyas grandes ventajas son bien conocidas, presenta, por su adherencia al suelo, una inferioridad notable frente a la oruga. En las obras debemos aplicar una carga notable sobre ellos para que puedan proporcionar una tracción eficaz. Por ello, la retroexcavadora para obras (ya sea de dos o de cuatro ruedas) es casi exclusivamente del tipo de silla, es decir, que se aplica a sus ruedas motrices una parte importante del peso con el que está cargado el aparato remolcado, gracias a un soporte de construcción especial.



FIGURA 3.4.3 y 3.4.4: Retroexcavadora

La retroexcavadora está casi siempre destinada a un aparato de transporte o de excavación que le ha sido exactamente adaptado por el constructor.

Palas Mecánicas: Los trabajos a que se presta mejor la pala mecánica son la excavación en altura, por encima de la zona de asentamiento de la máquina, y la recogida del material en esta zona.



FIGURA 3.4.5 y 3.4.6: Palas mecánicas

En particular, se utiliza de este modo en los casos siguientes:

Recogida y carga en una cantera, carga y descarga de grandes bloques; carga en volquetes, caminos, dispuestos tanto al mismo nivel que la pala, como por debajo; excavación a media ladera en uno o varios pisos; excavación y descarga en montón con alcance normal, con recogida del material y transporte a corta distancia mediante un bulldozer, regulación de taludes, descarga en una tolva para la alimentación de bandas transportadoras en canteras de arena o grava, etc.

La pala puede también trabajar por debajo del suelo, entre huellas de las cadenas, lo que permite, excavar una trinchera estrecha, pero este trabajo no le conviene nada. En vigor, todavía puede excavar fuera de las cadenas, paralelamente a su huella.

En estos casos, las profundidades alcanzadas son limitadas, y las cantidades excavadas sin desplazamientos son reducidas. La pala excavadora y, en el segundo caso, la pala niveladora son mucho mejor apropiadas para este tipo de trabajos.

Motoniveladoras: Es un aparato remolcado por un tractor, utilizado para excavar, desplazar y nivelar la tierra. Su elemento principal es una cuchilla de perfil curvo, cuya longitud determina el modelo y la potencia del aparato.

Esta cuchilla, colocada en el centro de un bastidor de cuatro ruedas, puede tomar las posiciones más diversas por giro en el plano horizontal, formando un ángulo de 0° a 180° con el eje longitudinal de la maquina (es decir, con la dirección del remolque), y en el plano vertical en el que puede fijarse en cualquier inclinación, hasta la perpendicular al suelo, en la parte lateral del aparato.



FIGURA 3.4.7 y 3.4.8: Motoniveladoras

Traíllas y Mototraíllas: Este tipo de scraper o motoscraper (escarbadora, traílla o mototraílla) de dos ejes va remolcado por un tractor-oruga o por un tractor de neumáticos. Con este último, se aplica a veces una parte de la carga del scraper a la silla de tractor y el scraper (llamado entonces motoscraper) consta solamente del eje posterior.

El principio del aparato es un poco diferente del que acabamos de describir, ya que aquí el aparato reposa siempre sobre sus ruedas, para todo tipo de operaciones. La profundidad a la cual se baja la cuchilla es la que determina la profundidad de corte. Así pues, el espesor de la capa arrancada puede ser regulado y mantenido luego constante.

El vaciado puede efectuarse de dos maneras, ya sea por pared deslizante eyectora, ya sea por levantamiento y basculamiento de la caja. Los dos

métodos garantizan una evacuación total de los materiales pero el segundo es superior al primero en cuanto a la forma de depositar los materiales descargados.



FIGURA 3.4.9: Traíllas y Mototraíllas

La mayor parte de los trabajos de índole civil, incluso las explotaciones mineras a cielo abierto, no comportan distancias mayores que éstas. Entre los trabajos más corrientes, citaremos:

Preparación del suelo, roturación, limpieza del terreno, traslado a caballeros de tierra vegetal superficial.

Movimientos de tierras siguiendo los perfiles longitudinales y transversales dados, nivelación.

Compactación parcial de los terraplenes por medio de neumáticos y orugas.

Movimientos de tierras ligeros, formación de taludes, regulación de la pendiente, ejecución de zanjas en V.

Acabados y regulación final de la superficie a nivel sin ayuda de otros aparatos.

Trabajos de reacondicionamiento, traslado a caballeros del asfalto no aprovechado por el propio scraper.

Camiones o Volquetes: El dumper (volquete), el chirrón (carro volquete) y el cajón transportador son vehículos de transporte, montados sobre ruedas de neumáticos.



FIGURA 3.4.10 y 3.4.11: Volquetes

Cualquiera que sea el dispositivo de vaciado o el tipo de los órganos de traslación, todos los volquetes comprenden piezas móviles (caja basculante, puertas de vaciado, cubeta, etc.) cuya maniobra necesita la intervención de una fuerza. Por este motivo y sólo para su desplazamiento, el remolque depende siempre de un tractor y, particularmente, de los dispositivos auxiliares ya citados, tales como la bomba hidráulica, el torno o el compresor de aire o el generador eléctrico.

Para elegir los remolques, debe considerarse el método de descarga, el peso en vacío del remolque, la situación del centro de gravedad, la carga útil y la altura de los bordes de la caja.

Para proyectos cortos, enteramente fuera de la carretera, el volquete presenta más ventajas que el camión. Ello es debido a las siguientes razones: su aceleración es superior, el vaciado es más rápido; los

neumáticos gigantes a presión y la robustez de todo el aparato motor permiten trabajar en cualquier terreno, incluso estando hundido en el barro hasta los cubos de las ruedas; el reparto correcto de la carga garantiza una buena adherencia en las pendientes más pronunciadas; finalmente, el dispositivo de cambio de velocidad.

Rodillos: Normalmente, son necesarios para que un relleno o un talud de tierra alcancen el grado deseado de compactación. Así, se intenta reducir este lapso de tiempo comprimiendo las capas de tierra por medios mecánicos.



FIGURA 3.4.12 y 3.4.13: Rodillos

La compactación es la operación que consiste ya sea en apisonar con rodillo, para asentar un suelo y darle una mayor compacidad o compactación.

Si se trata de la construcción de una carretera, se debe procurar reducir al mínimo cualquier movimiento ulterior de la superficie (asentamiento o hinchamiento) y, en general, obtener una resistencia más elevada para los cimientos.

Se comprende fácilmente que si se trata de un relleno que debe ser compactado, éste tendrá que depositarse en capas suficientemente finas

para permitir la expulsión del aire y del agua. Es espesor de las capas está en función de la porosidad de la materia esparcida. Una arcilla deberá depositarse en capas más delgadas que una arena. Por otra parte, para cada clase de suelo existe un porcentaje óptimo de agua, que pueda obtenerse por el peso del aparato apisonador, el número de pasadas del rodillo, etc.

La compactación debe acercar las partículas hasta que el aire y el agua que quedan en el suelo sean reducidos hasta un punto tal que cualquier compresión suplementaria no produzca un cambio de volumen importante.

La experiencia muestra que un suelo con un débil porcentaje de agua es poco compresible. La densidad es sin embargo débil y se constatan grandes vacíos de aire. Sin duda entran en juego fenómenos de capilaridad. Por el contrario, cuando aumenta el porcentaje de agua se constata que el suelo se hace más maleable y más compresible, como si el agua actuara de lubricante.

Cuando se alcanza la saturación máxima (es decir, cuando la poca cantidad de aire que queda está aprisionada en los pozos del suelo, rodeada de agua cuyos meniscos capilares retienen las partículas e impiden la evasión), la compresión ya no puede volcar una saturación más grande.

Rodillos Pata de Cabra: Estos aparatos están constituidos por uno o más cilindros compresores montados en el interior de un cuadro común o de varios cuadros fijados los unos a los otros. Cada uno lleva los cojinetes de rodadura de los rodillos, así como una barra de enganche. El conjunto va remolcado por un tractor-oruga.



FIGURA 3.4.14 y 3.4.15: Rodillos Pata de Cabra

Los rodillos están vacíos, pero pueden llenarse con agua o con arena para que tengan más peso. Algunos modelos comprenden además, en las partes anterior y posterior, unos recipientes que pueden llenarse con grava.

La periferia de los cilindros va provista de pisonos o de batanes radiales, de 18 a 23 cm de longitud. El nombre pata de cabra, que se da a estos pisonos, proviene de la similitud de su efecto con el de pisotear el suelo por millares de corderos.

Estos pisonos, dispuestos al tresbolillo, van repartidos por toda la superficie exterior del cilindro. El paso total de la máquina se transmite al suelo a través de un pequeño número de pisonos que ejercen sobre él una presión muy elevada.

La ventaja del sistema reside en el modo de acción de los rodillos pata de cabra, que se ejerce de abajo hacia arriba, de donde viene su nombre from the bottom, que traduciríamos por compresión ascendente. En el apisonado por rodillos compresores lisos, las primeras partículas que se comprimen son las superficiales y luego transmiten el efecto de compresión a las capas inferiores. Los pisonos del cilindro apisonador empiezan por el contrario por comprimir la capa que se encuentra a 20 o 25 cm por debajo de la superficie

del suelo. La compresión se opera hasta que esta capa haya alcanzado una dureza suficiente para resistir la presión de los pisonos.

A partir de este momento la compresión de las capas superiores se apoya sobre una capa sólida. Por este procedimiento, se elimina prácticamente toda bolsa de aire y las capas están bien ligadas unas a otras.

3.4.4 Cálculo de Volumen de Corte y Relleno

Una vez calculadas las curvas horizontales con sus respectivos peraltes y curvas verticales, estamos en condiciones de calcular los volúmenes de corte y relleno del terraplén. Si contamos con los perfiles transversales del terreno y las secciones transversales correspondientes a todos y cada uno de las abscisas, se procederá a calcular el área y volúmenes de cada perfil.

Los volúmenes son calculados por varios métodos, pero los más usados son: Por cuadrículas y mediante formulas aproximadas a aplicadas a los perfiles transversales que es el más utilizado.

Una vez dibujados los perfiles transversales, se pueden producir los siguientes casos:

Si ambos perfiles son de corte (desmonte),

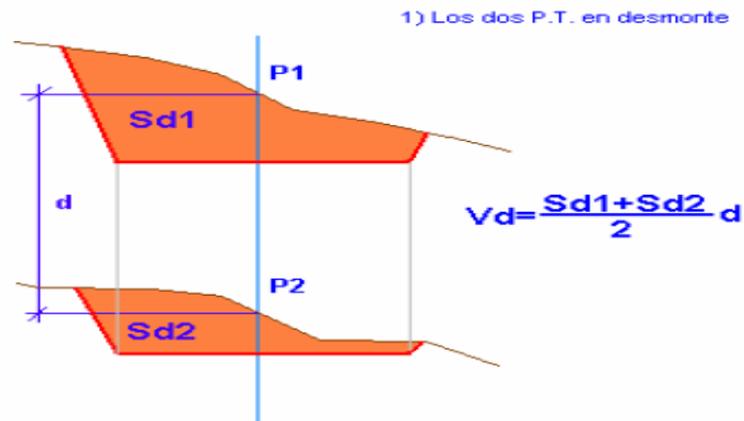
Si ambos perfiles son de relleno (terraplén),

Si uno en corte y otro en relleno,

El caso más complejo, uno o los dos, están parte en corte y parte en relleno usaremos las formulas correspondientes:

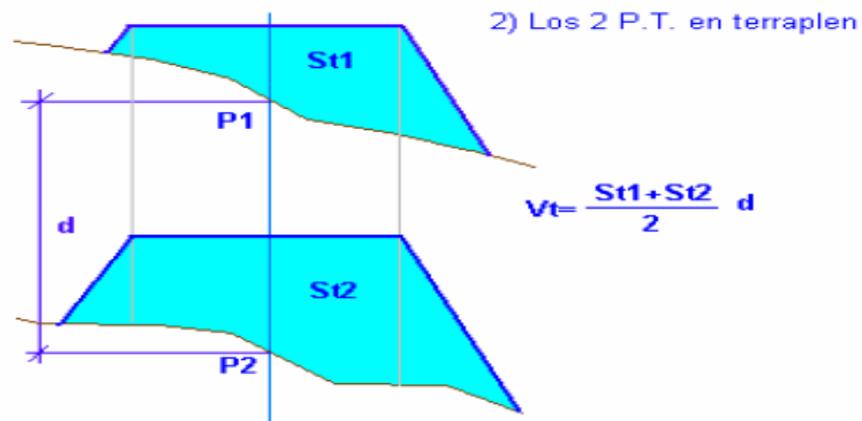
Si ambos perfiles son de corte (desmonte):

$$Volumen_{CORTE} = \frac{Area_{CORTEA} + Area_{CORTEB}}{2} * DISTANCIA$$



Si ambos perfiles son de relleno (terraplén):

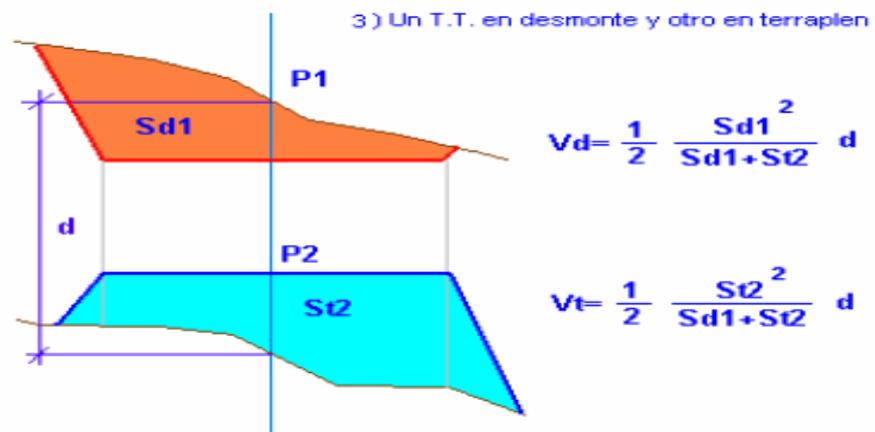
$$Volumen_{RELLENO} = \frac{Area_{RELLENOA} + Area_{RELLENOB}}{2} * DISTANCIA$$



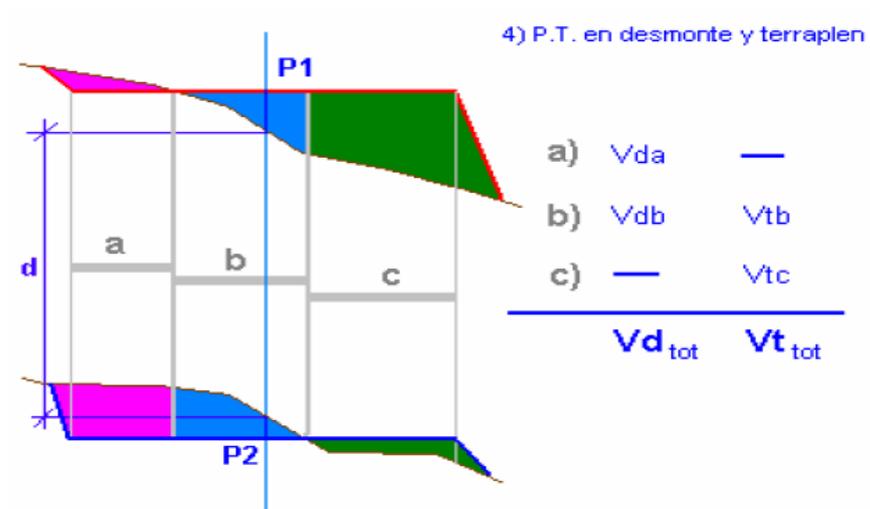
Si uno en corte y otro en relleno:

$$Volumen_{CORTE} = \frac{1}{2} * \frac{Area_{CORTE A}^2}{Area_{CORTE A} + Area_{RELLENO B}} * DISTANCIA$$

$$Volumen_{RELLENO} = \frac{1}{2} * \frac{Area_{RELLENO B}^2}{Area_{CORTE A} + Area_{RELLENO B}} * DISTANCIA$$



Uno o los dos, están parte en corte y parte en relleno:



Para calcular las áreas existen varios métodos como por ejemplo, por descomposición de triángulos y trapecios, por coordenadas, utilizando el planímetro: o en un PC o sistema gráfico que son opción más utilizada en la actualidad.

Para este proyecto nos ayudamos del programa autocad que puede crear entidades cerradas (polilíneas) de las que inmediatamente nos dan superficie y perímetro haciendo más fácil el cálculo de corte y relleno.

Los cálculos de las áreas de cada sección transversal ya sean de corte y relleno y los volúmenes se presentarán en los **ANEXOS 3.4.4.**

3.4.5 Esponjamiento y Control de Tierras

El significado de compensación (esponjamiento y contracción) de volúmenes de tierra se puede prestar a diversas interpretaciones.

Cuando la compensación se hace a fin de balancear los volúmenes que se obtienen en los cortes y que se necesitan en los rellenos, es necesario tomar en cuenta que cuando la tierra es removida de un sitio natural, su volumen aumenta. La proporción de aumento de cada tipo de material puede ser establecida con bastante exactitud por medición directa del lugar de excavación y del volumen producido. Con frecuencia es suficiente consultar una tabla de propiedades de los materiales. Así, han sido establecidas las siguientes cifras:

TIPO DE MATERIAL	% DE ENTUMECIMIENTO
Arena limpia o grava	5 - 15.
Tierra común	20-45
Arcilla	30 - 60
Roca solida	50 - 80

TABLA 3.4.1: Propiedades de los materiales

Por otra parte, cuando un material se compacta al construirse un terraplén, su volumen disminuye. Por tal razón, un metro cúbico de corte no producirá un metro cúbico de relleno; un metro cúbico de relleno necesita entonces un metro cúbico de tierra transportada más al compactar.

Si el coeficiente de contracción por compactación $1/10$, para hacer un terraplén de 100 metros cúbicos haría falta un volumen de $100 \times 1.10 = 110$ metros cúbicos de tierra transportada.

Entonces, para que la compensación de volúmenes sea real, será necesario indicar como volúmenes de corte no los calculados, sino esos aumentados por un factor de esponjamiento; también, para los volúmenes de terraplén será necesario indicar los de material efectivo requerido para construirlos.

Cuando la compensación se realiza para determinar el costo de un movimiento de tierras, el concepto del término es distinto.

Según las Especificaciones para la Construcción de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas, la excavación para banqueos se mide en metros cúbicos en su posición original, y por volúmenes transportados se entiende aquellos en cuya base se paga el movimiento de tierras.

En este caso, los volúmenes de corte no deben sufrir modificaciones en cuanto a las cantidades calculadas en los perfiles. Sin embargo, a fin de realizar la compensación volumétrica, los volúmenes de terraplén deberán afectarse de un factor de expansión.

Por otra parte, para el contratista de una obra, ninguno de los dos criterios anteriores refleja exactamente los volúmenes que él debe mover y transportar. En este caso, los volúmenes a transportar no serán los medidos en sitio, sino el volumen que se produzca una vez removido el material y

cargado sobre el equipo de transporte. El volumen que el tendrá que transportar para los terraplenes tampoco será el que se indique en la compensación realizada según las descripciones anteriores, ya que según las Especificaciones citadas, él será pagado por los metros cúbicos de terraplén terminado y, como se ha visto, el volumen que se requiere será mayor que el medido.

Estas distintas interpretaciones del concepto de compensación, pueden conducir a la elaboración de distintos diagramas de compensación. Sin embargo, la manera de elaborarlos será idéntica, sólo variando los volúmenes que intervienen en la compensación y en el transporte.

3.4.6 Diagrama de Masas

El análisis numérico del movimiento de tierras es complejo, dispendioso y, a veces, no da una idea clara de lo que se hace. Por esta razón se han ideado métodos gráficos que dan una buena aproximación y reemplazan ventajosamente el cálculo numérico por su sencillez. El método más conocido y usado es el diagrama de masas.

En los contratos se habla de una distancia libre de transporte y esto indica que el costo de transporte del material dentro de esta distancia no se cobra sino que se incluye en el costo de excavación; así, las distancias de transporte deben disminuirse en esta longitud cuando se está calculando el costo de transporte. En cambio, se debe pagar el exceso de transporte o sobre-acarreo cuando el material debe transportarse a distancias mayores.

El diagrama de masas es la gráfica continua que representa el volumen acumulado neto de material desde una estación inicial dada, tomando los cortes como positivos (+) y los rellenos como negativos (-) (figura 3.4.20). Generalmente se dibuja utilizando los valores de la cartera de cubicación o, mejor, haciendo una cartera especial, llamada cartera de masa, como la

mostrada en el tabla 3.4.2 (ANEXOS 3.4.6).

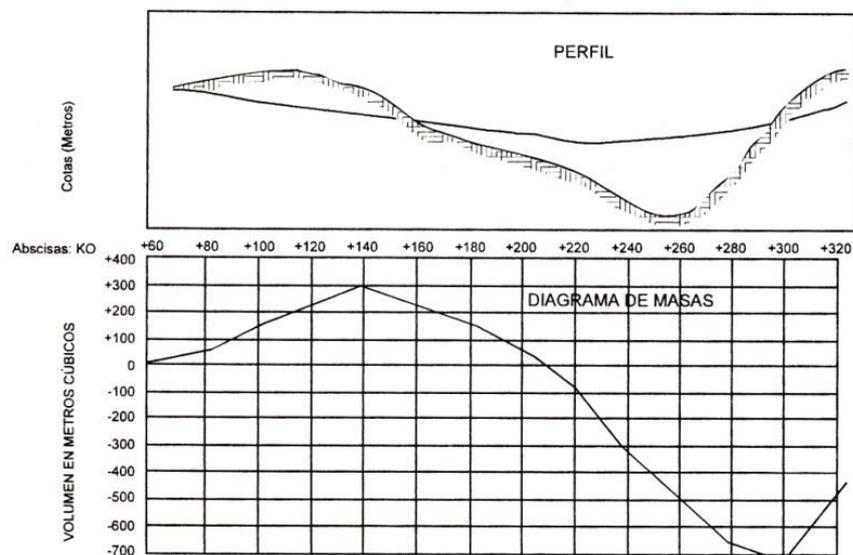


FIGURA 3.4.20: Grafica de Diagrama de masas

ABCISAS	AREAS		VOLUMEN			DIFERENCIA ALGEBRAICA		ORDENADA CURVA DE MASA
	CORTE (+)	RELLENO (-)	CORTE (+)	RELLENO (-)	RELLENO (-) fc=1.11	CORTE (+)	RELLENO (-)	
0+000.00	7.45	0.00						0.00
			184.13	0.00	0.00	184.13	0.00	184.13
0+020.00	10.96	0.00	154.94	38.14	42.34	112.60	0.00	296.74
			17.73	61.63	68.41	0.00	50.67	246.06
0+060.00	1.72	1.09	81.00	13.32	14.78	66.22	0.00	312.28
			230.34	1.03	1.15	229.20	0.00	541.48
0+100.00	15.46	0.00	102.91	0.00	0.00	102.91	0.00	644.39
			274.92	0.00	0.00	274.92	0.00	919.31
0+120.00	25.55	0.00	77.68	0.00	0.00	77.68	0.00	996.99
			429.57	0.00	0.00	429.57	0.00	1426.57
0+139.36	26.27	0.00	18.75	0.00	0.00	18.75	0.00	1445.31
0+140.00	32.31	0.00						

TABLA 3.4.2: Diagrama de masas

En honor de su inventor se conoce también con el nombre de diagrama de Bruckner y, generalmente, se dibuja a la misma escala horizontal del perfil, uno arriba y otro abajo, enfrentados, para hacer con ambos al mismo tiempo un mejor análisis del movimiento de tierras. En las ordenadas se utilizan los valores de la última columna de la cartera de masas, usualmente a la escala de 1cm por cada 1000 m³, aunque para volúmenes muy grandes pueden usarse escalas menores.

Como en este análisis se trata de establecer la compensación de cortes y rellenos, se deben hacer comparables los terraplenes con los cortes, o viceversa. La primera alternativa es la más usada y, por eso, en la penúltima columna aparecen los rellenos corregidos, que se obtienen incrementando el 11% del valor de los rellenos original, es decir multiplicando por un factor de corrección que en este caso es de 1.11. Con estos valores se compensan los cortes para obtener los volúmenes acumulados netos. Para el análisis del movimiento de tierras la vía se divide en tramos determinados por puntos donde la curva de masas corte la línea de base, donde el volumen acumulado sea cero, con el fin de que se pueda desligar el tramo del anterior o del siguiente en cuanto a movimiento de material.

Las principales propiedades del diagrama de masa son las siguientes:

La longitud de cualquier ordenada representa el volumen de corte acumulado hasta ese punto menos el volumen de relleno también acumulado hasta ese punto.

Un punto de la curva que coincida con la línea de ceros o de base tiene ordenada nula, lo que indica que los volúmenes de corte y de relleno son iguales desde el origen de la curva hasta ese punto. Así, los puntos donde la curva corta la línea de base son los límites de los sectores de movimiento de tierra compensado.

En la misma forma que la línea de base determina sectores de movimiento de tierra compensado, cualquier recta horizontal que corte la curva de masas en dos puntos, determina una zona de compensación entre corte y relleno: el corte AG serviría para, construir el relleno GA', o el corte LG permitiría hacer el relleno GL' por ser, por lo menos aproximadamente, igual sus volúmenes. Cada una de estas horizontales que corta la curva de masas en dos puntos recibe, por eso, el nombre de compensadora.

Cualquier distancia vertical entre dos puntos del diagrama, da el volumen de tierra disponible entre las dos abscisas.

Los puntos máximos del diagrama indican pasos de corte a terraplén, y los mínimos, pasos de terraplén a corte, en el sentido del abscisado. Es posible que estos puntos no coincidan exactamente con el abscisado del eje, y de hecho sucede así, si la transición se efectúa en media ladera.

En el área entre la curva y una horizontal (compensadora) es la medida de la cantidad de transporte entre los puntos determinados por los extremos de la horizontal. Si se divide esta área (cantidad de transporte) por el valor de la ordenada máxima entre la horizontal y la curva (volumen transportado), se obtiene la longitud promedia de transporte.

Cuando la curva está por encima de una horizontal que establezca compensación, el movimiento del material debe realizarse en el sentido del abscisado Y cuando la curva está por debajo de la compensadora, el transporte debe realizarse hacia atrás, o sea en sentido opuesto al del abscisado.

3.4.7 Cuadro de Volumen y Distancia de Sobre Acarreo

El sobre acarreo consistirá en el transporte autorizado de materiales de excavación mas allá de acarreo libre.

La distancia de acarreo libre es la distancia especificada que el material excavado deberá ser transportado sin compensación adicional, la distancia de acarreo libre de 300m.

Para determinar lo que constituye el sobre acarreo autorizado, debe asumirse que el material que se extrae de la excavación será depositado en el terraplén después de haber sido acarreado según la ruta más corta posible. La unidad de pago incluye cargue, transporte y descargue del material en el sitio indicado por el ingeniero.

La unidad de pago será el m³ por kilómetro transportado (km-m³)

3.4.8 Datos de Replanteo de Eje

En este sub capítulo se mostrarán todos los datos necesarios que existen en el eje de la vía a proyectarse como por ejemplo cotas de subrasante, si está incluida en curva horizontal, curva vertical, o peralte.

Los datos obtenidos se encontrarán en **ANEXOS 3.4.8.**

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

4.1 *INTRODUCCION*

4.1.1 *Pavimentos.- Conceptos y Tipos*

Pavimentos: Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construye técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados para soportar en forma directa las cargas producidas por el tráfico vehicular. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub-rasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, alineamiento horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan como terraplén ya que por lo general son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

Características que debe reunir un Pavimento: Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.

Ser resistente ante los agentes de intemperismo.

Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos.

Debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.

Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.

Debe ser durable.

Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.

El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influye en el entorno, debe ser adecuadamente moderado.

Debe ser económico.

Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

Tipos de Pavimentos: En nuestro país los pavimentos se clasifican en:

- Pavimentos flexibles,
- Pavimentos semirígidos o semiflexibles,
- Pavimentos rígidos y
- Pavimentos articulados.

Pavimentos Flexibles: También llamado pavimentos asfálticos, están formados por una carpeta bituminosa (asfalto) apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. En la figura 4.1.1 se muestra una sección típica de un pavimento flexible.

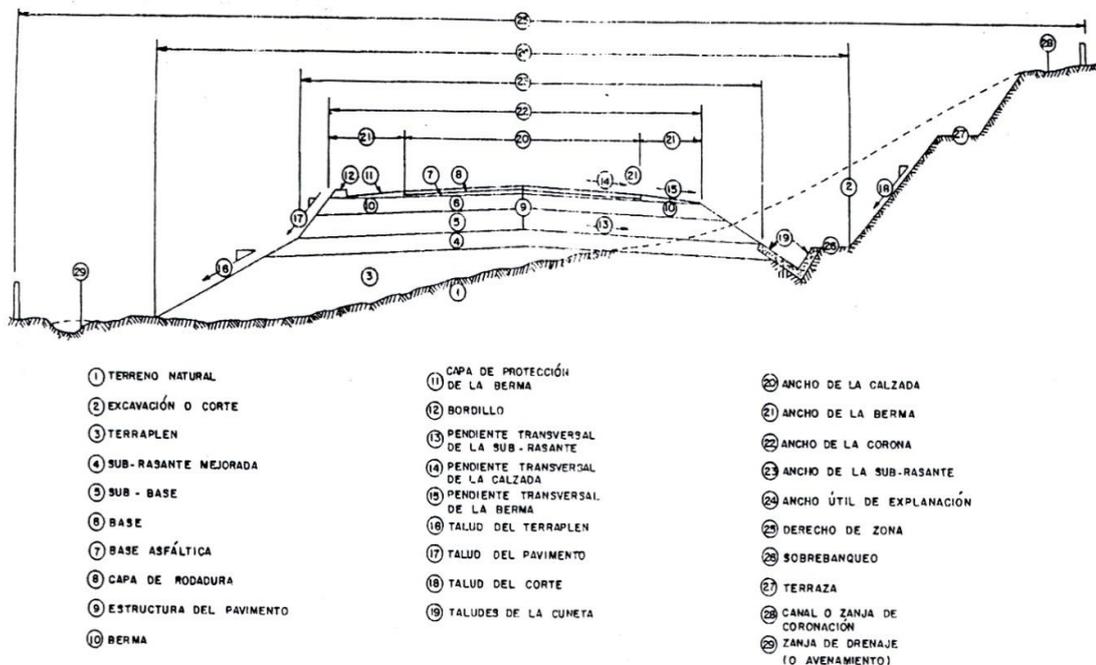


FIGURA 4.1.1: Sección típica de un pavimento flexible

La capacidad estructural de un pavimento flexible depende de la capacidad de distribución de las cargas por cada una de las capas y de la capacidad portante de la subrasante.

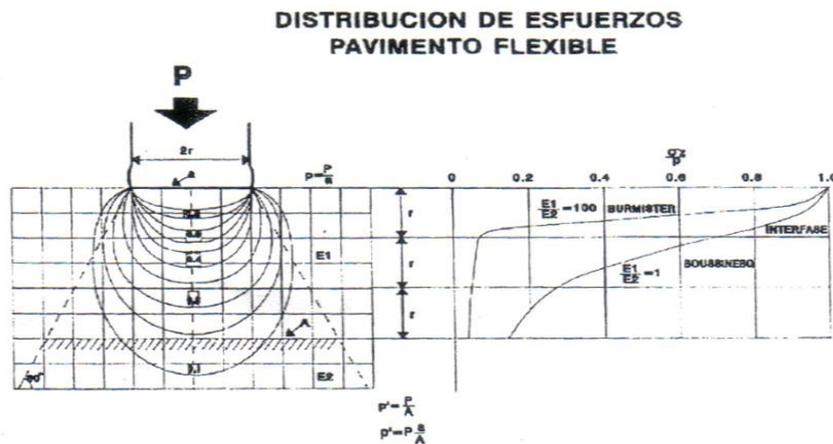


FIGURA 4.1.2: Distribución de esfuerzos de un pavimento flexible

En medida que es mayor la rigidez de cada capa, la presión recibida en su superficie en un área determinada, es transmitida a la superficie de la capa inferior en un área cada vez mayor y con un valor de presión cada vez menor, con lo cual se logra una distribución vertical de tensiones que se atenúan más rápido con la profundidad. Así en la medida que se aumente la calidad de las capas estructurales del pavimento, el espesor total de éste se reduce ya que la magnitud de la presión vertical límite que soporta la subrasante, dependerá solamente de las características del suelo de las capas superiores de la explanación.

Las tensiones horizontales que se generan en la superficie del pavimento se atenúan rápidamente con la profundidad y afecta solamente las capas superiores, tendiendo a producir el deslizamiento de estas.

Pavimentos semirígidos o semiflexibles: Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción.

Cuando se mejora sus capas debe ser uniformemente mezclado el aditivo como el cemento y la cal para que trabaje en todo el espesor de la capa de pavimento mejorado con su respectiva humedad. De igual forma debe ser mezclado el asfalto

Pavimentos rígidos: Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub-base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en zona muy amplia. Además como el concreto es capaz de resistir, en rígido es suficientemente satisfactorio aún cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

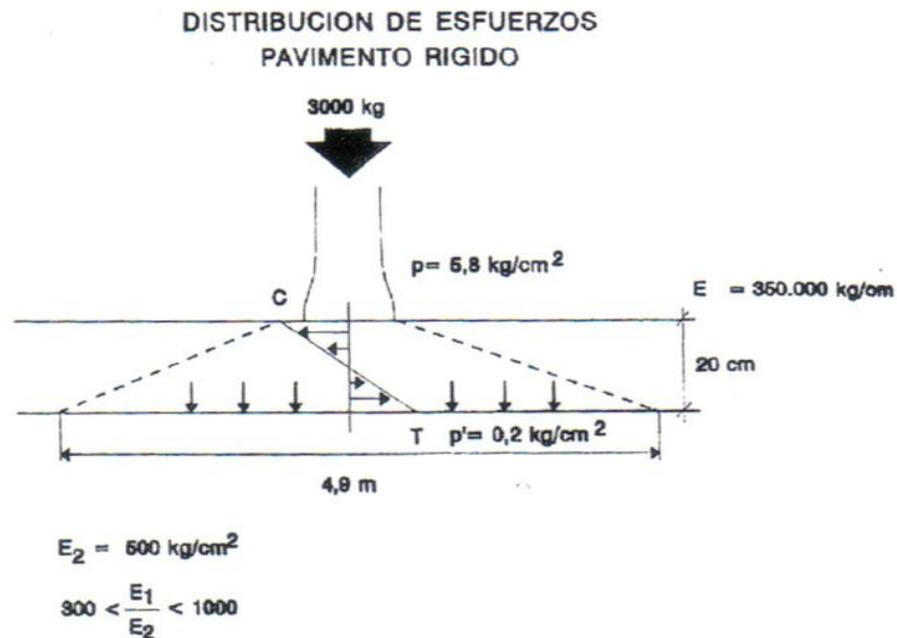


FIGURA 4.1.3: Distribución de esfuerzos en pavimento rígido

La capa de subbase tiene como función principal impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas de las losas. El agua penetra a través de las juntas licua el suelo fino de la subrasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas. Además tiene otras funciones como capa de transición, es decir, suministra un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento. Facilita los trabajos de pavimentación, mejora el drenaje, reduce por tanto al mínimo la acumulación de agua bajo el pavimento, ayuda a controlar los cambios volumétricos de la subrasante, disminuye al mínimo la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento y mejora en parte la capacidad de soporte del suelo de la subrasante.

La Losa de concreto funciona igual la losa en el pavimento flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que se apliquen sobre ella.

Pavimentos articulados: Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e igual entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento.

Cabe señalar que para este tipo de pavimentos no es necesario realizar juntas transversales.

La base es la capa colocada entre la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa le da mayor espesor y capacidad estructural al pavimento. Puede estar compuesta por dos o más capas de materiales seleccionados.

La capa de arena es de poco espesor, de arena gruesa y limpia que se coloca directamente sobre la base; sirve de asiento a los adoquines y como filtro para el agua que eventualmente pueda penetrar por las juntas entre estos.

Los adoquines deben tener una resistencia adecuada para soportar las cargas del tránsito y en especial, el desgaste producido por este.

El sello de arena está constituido por arena fina que se coloca como llenante de las juntas entre los adoquines; sirve como sello de las mismas y contribuye al funcionamiento, como un todo, de los elementos de la capa de rodadura.

4.1.2 Ventajas y Desventajas de un Pavimento Flexible

El pavimento a base de asfalto (flexible) tiene varias ventajas y desventajas en las que citaremos las siguientes:

Ventajas:

- El costo inicial es más ventajoso y económico que la del pavimento rígido.
- El proceso constructivo es más ágil y rápido.
- Una vez colocada la carpeta de rodadura, puede entrar en servicio con mayor rapidez que el pavimento rígido.
- Tiene un periodo de vida de 10 a 15 años.
- Se coloca sobre una base de material de piedra quebrada con asfalto cubierta con una capa de liga del mismo asfalto.
- Tiene la ventaja de ser más suave para los vehículos, debido a su mayor elasticidad.
- Maltrata menos a los vehículos.

Desventajas:

- En lo que tiene que ver a la carpeta de rodadura, esta a diferencia de la losa de hormigón no ayuda en gran forma la asimilación de esfuerzos producidos por el tráfico de la vía.

- Debido a que los pavimentos flexibles consiste en una serie de estratos de materiales, cuya calidad mejora de abajo hacia arriba, la resistencia del pavimento flexible, resulta del incremento del espesor de dichas capas, las cuales distribuirán mejor las cargas hasta llegar a la subrasante.
- Debe presupuestarse el mantenimiento de la capa de rodadura puesto que el período de vida útil de dichas capas es limitado.
- Por su color el pavimento flexible ofrece poca visibilidad nocturna
- El pavimento flexible presenta una superficie de rodadura muy lisa, lo cual lo hace un tanto peligroso para el tráfico en temporada invernal
- Se deforma especialmente con los vehículos pesados (tráilers y autobuses) aumentando su deformación aceleradamente.
- Sufre cambios de resistencia con los cambios de temperatura. Pierde así su consistencia. (Tiende a volverse líquido).
- Los agrietamientos por temperatura, agrietamientos tipo textura (fatiga) y el intemperismo, implican un tratamiento frecuente a base de selladores de grietas y de recubrimientos superficiales.
- La reflexión de grietas es otra forma de falla de sobre carpetas de asfalto, que puede reducir apreciablemente la vida útil esperada.
- La presencia de un nivel freático alto y/o de suelos débiles subyaciendo a un pavimento asfáltico que ha fallado, es muy probable que necesiten excavarse y rellenarse en un espesor a veces de más de un metro como etapa previa a la construcción.

4.2 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

El diseño de pavimentos flexibles consiste en la elección de adecuados espesores de capas y características de materiales para que los esfuerzos y deformaciones causados por el tránsito al que se somete la estructura, permanezcan dentro de los límites admisibles durante la vida útil del pavimento que se está diseñando.

Estas capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas de tránsito y que las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, que debe funcionar eficientemente.

La división en capas que se hace en un pavimento flexible obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa, el objetivo es darle el espesor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior.

La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que un material que no se acomoda adecuadamente se consolida por efecto de las cargas y es entonces cuando se producen las deformaciones permanentes.

4.2.1 Funciones de la Capa de un Pavimento Flexible

La subbase granular:

Función económica.- Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia

resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y no obstante, resultar más económica.

Capa de transición.- La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.

Disminución de las deformaciones.- Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con la capa sub-base, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

Resistencia.- La sub-base debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores a un nivel adecuado a la subrasante.

Drenaje.- En muchos casos la sub-base debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

La base granular:

Resistencia.- La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

Función económica.- Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base.

Carpeta de rodadura:

Superficie de rodamiento.- La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.

Impermeabilidad.- Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

Resistencia.- Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.

4.2.2 Parámetros que intervienen en el Diseño

El diseño de pavimentos flexibles por éste método se fundamenta en dos nomogramas (para $pt = 2.5$ y $pt = 2.0$), los mismos cuya solución se presenta a continuación:

$$\log W = 9,36 * \log(NE + 1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{P_o - P_t}{4,5 - 1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(NE + 1)^{5,19}}} \quad (4.2.1)$$

En donde:

W = Número de repeticiones de cargas pesadas, cuando el índice de servicio ha descendido al valor pt .

NE = Número estructural = $a_1 * h_1 + a_2 * h_2 + a_3 * h_3$

Po = Índice de servicio inicial (4 – 5).

Pt = Índice de servicio en un momento dado.

El uso de los nomogramas requiere información de 5 factores que pueden resumirse y describirse de la siguiente forma:

Servicio: El tipo de calidad de servicio esperados de la estructura de pavimento.

Resistencia de la subrasante: Tipo y característica de los suelos de la subrasante del camino, sobre la cual va a colocarse el pavimento.

Tráfico: Volumen y peso de tráfico que debe soportar.

Propiedades estructurales de los materiales: Conveniencia y calidad de los materiales disponible para construir el pavimento.

Factor regional: Las condiciones ambientales bajo las cuales el pavimento deberá rendir su trabajo

4.2.3 Método AASHTO 1969

El diseño de pavimentos flexibles consiste en la elección de adecuados espesores de capas y características de materiales para que los esfuerzos y deformaciones causados por el tránsito al que se somete la estructura, permanezcan dentro de los límites admisibles durante la vida útil del pavimento que se está diseñando.

Para el diseño de pavimentos flexibles se usará el método de la AASHTO (American Association of State Highway Officials), que presenta las siguientes características:

El tráfico combinado de vehículos livianos y pesados es convertido y expresado como un equivalente de la carga de un eje simple de 8180 kilogramos.

La escala de valores de soporte del suelo que ha sido correlacionada a una escala estimada de valores CBR que refleja las condiciones de suelos en el Ecuador.

Los coeficientes de resistencia de los materiales o capas de pavimento.

Factor regional que se basa en las condiciones de precipitación pluvial.

Los diseños de pavimento se ceñirán en lo posible a condiciones del proyecto y reflejan el uso más económico de los materiales disponibles.

Índice de Suficiencia (Pt): En este método se establece el índice de suficiencia como un número entero de 0 a 5, obtenido mediante fórmula, para estimar el índice de suficiencia o la condición del pavimento en base de determinadas características físicas del pavimento tales como huellas o surcos producidos por el tráfico, rugosidad general de la superficie, grietas, etc. Cuando se construye el pavimento por primera vez, generalmente tiene un índice de suficiencia, cuyo valor está entre 4.0 y 5.0 lo cual depende de la bondad con que se haya construido el pavimento. Después de construido, el índice de servicio del pavimento se reduce gradualmente por el uso y el mantenimiento normal a un valor de dos o menos. De acuerdo a los resultados obtenidos de la carretera experimental AASHTO, los pavimentos deben ser repavimentados antes de que por su deterioro lleguen a un índice inferior a 2.0.

INDICE DE SUFICIENCIA	CONDICION DEL PAVIMENTO
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Muy malo

TABLA 4.2.1: Índices de suficiencia

Los nomogramas de diseño han sido relacionados de tal manera que es posible estimar la condición esperada del pavimento o el índice final de resistencia (Pt), al término de vida de diseño.

Por lo tanto el primer requerimiento de diseño es el de seleccionar el índice de suficiencia que se desea. Normalmente el índice final $Pt = 2.5$ (nomograma IX-2) debe ser escogido para pavimentos de carreteras principales y un $Pt = 2.0$ (nomograma IX-1) para carreteras menores.

Para este proyecto se ha escogido un **índice de suficiencia igual a 2.5** por lo se usará como capa de rodadura concreto asfáltico. Esto involucra usar el nomograma IX-2 (**ANEXOS 4.2.3-1**).

Tráfico (T): En el método intervienen como datos importantes el tráfico promedio diario anual (TPDA), la tasa de crecimiento anual, las cargas por ejes sencillos o múltiples y su distribución en la sección transversal del camino.

En los nomogramas de diseño la escala ha sido preparada para tráfico de cargas de 18000 lb. = 8180 Kg. Por eje simple para el período de diseño; en vista de que la composición del tráfico es variable, es necesario transformar las distintas cargas que actúan a mínimo de pesadas equivalentes a la carga de 18000 lb, para lo cual se obtiene con ayuda de los factores de equivalencia de carga. Estos factores se los obtiene de las tablas C.2-3, C.2-4 para ejes simples, ejes tandem respectivamente **(ANEXOS 4.2.3-2)**.

A continuación se presenta el estudio de tráfico realizado para calcular los factores de carga.

RESUMEN PARA PERIODO : 20 AÑOS

TIPO DE VEHICULO	TRAFICO					
	EXISTENTE	ACTUAL	PROYECTADO	DESVIADO	GENERADO	TPDA
LIVIANO	236	295	539	108	27	674
PESADO	29	36	50	10	3	63
TOTAL						736

TABLA 4.2.2: Resumen TPDA proyectado para un periodo de 20 años

TIPO DE VEHICULO	TPDA	%	NUMERO DE EJES	CARGA POR EJE (Kg)	FACTOR EQUIVALENTES	EJE EQUIVALENTES
LIVIANO	236	40%	V 94,4	1600	0,0023	0,22
		40%	V 94,4	3300	0,0290	2,74
		60%	C 141,6	2080	0,0050	0,71
		60%	C 141,6	4290	0,0832	11,78
CAMINONES	29	80%	V 23,2	2500	0,0083	0,19
		80%	V 23,2	6000	0,2985	6,93
		20%	C 5,8	6000	0,2985	1,73
		20%	C 5,8	14500	8,7104	50,52
TOTAL EJES EQUIVALENTES (TEE)=						74,81

TABLA 4.2.3: Distribución del tráfico de acuerdo a la sumatoria de ejes equivalentes

El valor del tráfico con el que se ingresa a los nomogramas de diseño, es con el de las aplicaciones de cargas por ejes de 8180 Kg. Proyectado (N), y se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$N = \left(\frac{Ti + Tf}{2} \right) * 365 * n * TF * DL \quad (4.2.2)$$

$$TF = \frac{TEE}{Te} \quad (4.4.3)$$

En donde:

Ti = Tráfico actual

Tf = Tráfico futuro

n = Período de diseño (años)

TF = Factor de carga

DL = Factor de distribución del tráfico en el carril de diseño (DL= 0.6)

TEE = Total ejes equivalentes

Te = Tráfico existente

A continuación se presenta el resumen del cálculo de aplicaciones de carga por eje de 8180 kg. Proyectado (N):

APLICACIONES DE CARGA POR EJES DE 8180 Kg. PROYECTADO (N)		
TRAFICO ACTUAL (Ta):		36
TRAFICO PROYECTADO (10 AÑOS):		43
TRAFICO PROYECTADO (20 AÑOS):		50
TOTAL EJES EQUIVALENTES (TEE):		74,81
TPDA pesados:		29
PRIMER PERIODO (10 AÑOS):		
Tráfico inicial (Ti)=		36
Tráfico futuro (Tf)=		43
Factor de carga (TF)=		2,6
Factor de distribución del tráfico en el carril de diseño (DL)=		0,6
Aplicaciones de cargas por ejes de 8180 Kg	N (10 años)=	2,2E+05
SEGUNDO PERIODO (20 AÑOS):		
Tráfico inicial (Ti)=		43
Tráfico futuro (Tf)=		50
Factor de carga (TF)=		2,6
Factor de distribución del tráfico en el carril de diseño (DL)=		0,6
Aplicaciones de cargas por ejes de 8180 Kg	N (20 años)=	2,6E+05

NOTA: Los vehículos livianos no son tomados en cuenta para el cálculo son irrelevantes.

Valor Soporte de la Subrasante: Dadas las características de un proyecto vial, grandes longitudes y terraplenes formados por cortes y rellenos, es muy difícil esperar condiciones de subrasante constituida por suelos uniformes, en consecuencia los valores de CBR que se obtienen serán variables a lo largo del proyecto.

Para el diseño estructural del pavimento de una vía se deberá trabajar con el CBR de diseño de la subrasante. El mismo que se lo obtiene de la siguiente forma:

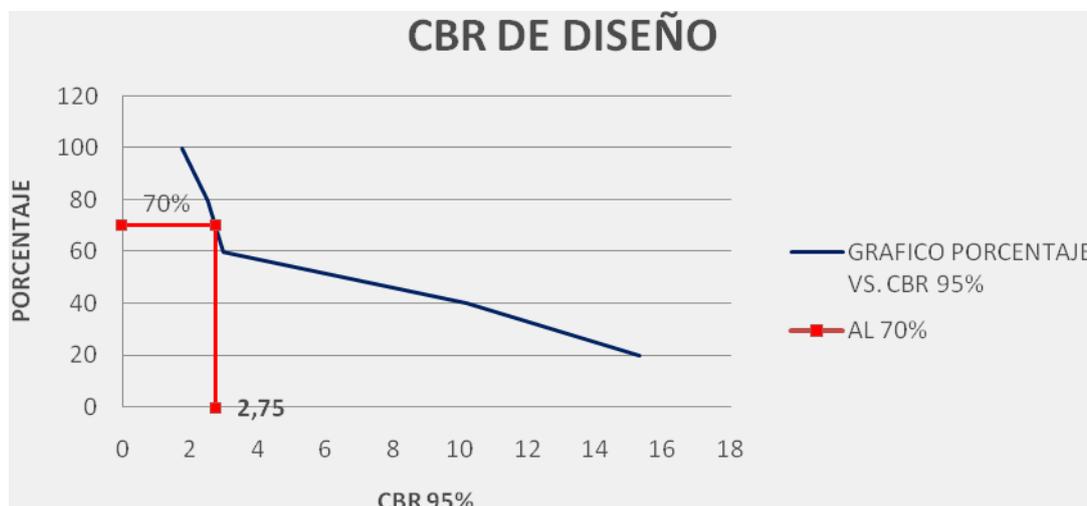
Definida las abscisas entre las cuales se diseñará el pavimento, se lo hará con el valor de CBR limitante. Para ello, con los valores de CBR obtenidos

para el tramo, se los ordena de menor a mayor sea cual fuere su abscisa; luego se numera los CBR asignando el número 1 al de mayor valor y así sucesivamente. A continuación se determina la frecuencia de los CBR y se dibuja el gráfico de frecuencia versus CBR; en este gráfico se obtiene el CBR de diseño, que es un porcentaje de frecuencias que se lo obtiene de la tabla 4.2.4 que está en función del nivel de tráfico de ejes equivalentes.

NIVEL DE TRAFICO (EE)			PORCENTAJE DE DISEÑO
EE	MENOR	10^4	60%
EE	ENTRE	10^4 10^6	70%
EE	MAYOR	10^6	87.5%

TABLA 4.2.4: Elección del CBR de diseño

A continuación se presentará el grafico de Frecuencia de CBR al 95% VS. CBR al 95%.



El Factor Regional (Fr): Las condiciones ambientales y climáticas varían de un lugar a otro y afectan en forma significativa la eficiencia de los pavimentos. Las condiciones de humedad y sequedad; el drenaje, la topografía son algunos de los factores que deben tomarse en consideración en el área donde estas condiciones se pueden presentar.

Este parámetro es muy importante dentro del diseño de pavimento flexible, el cual depende de las precipitaciones pluviales anuales de la zona.

PRECIPITACION PLUVIAL ANUAL (mm)				FACTOR REGIONAL (Fr)
MENOS	DE	250		0.25
DE	250	A	500	0.50
DE	500	A	1000	1.00
DE	1000	A	2000	1.50
DE	2000	A	3000	1.75
MAS	DE	3000		2.00

TABLA 4.4.5: Factor regional

Propiedades Estructurales de los Materiales y Capas de Pavimento

(NE): Expresa la resistencia estructural necesaria que debe tener un pavimento para una combinación del valor de soporte del suelo a la carga total equivalente a un eje simple de 8.180 kilogramos, índice final de suficiencia y factor regional. El NE obtenido en esta forma representa el espesor total del pavimento y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que o constituirán, es decir, a la capa de rodadura, de base, y subbase, mediante el uso de coeficientes adecuados que representen la resistencia relativa del material a utilizarse en cada capa. Esta condición se obtiene de la siguiente ecuación.

$$NE = a_1 h_1 + a_2 h_2 + a_3 h_3 + \dots + a_n h_n \quad (4.2.4)$$

Donde:

NE= Número estructural abstracto que expresa la resistencia necesaria del pavimento total.

a1, a2, a3,...an = Coeficientes estructurales de la resistencia relativa del material que deben utilizarse para cada capa de pavimento.

$h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ = Espesor correspondiente de cada capa.

Los coeficientes estructurales de cada capa expresan la relación empírica entre el NE y el espesor; y es la medida de la capacidad relativa del material para funcionar como un componente estructural del pavimento.

Estos coeficientes están indicados en la tabla 4.2.6 junto con coeficientes de otros materiales sugeridos por varias entidades de construcción de carreteras.

CLASE DE MATERIAL	NORMAS	COEFICIENTE
CAPA DE SUPERFICIE		
<i>Concreto Asfáltico</i>	<i>Estabilidad de Marshal 1000 - 1600 Lbs</i>	<i>0.134 - 0.173</i>
Arena Asfáltica	Estabilidad de Marshal 500 - 800 Lbs	0.079 - 0.118
Carpeta Bituminosa Mezclada en el Camino	Estabilidad de Marshal 300 - 600 Lbs	0.059 - 0.098
CAPA DE BASE		
<i>Agregado Triturado Graduados Uniformemente</i>	<i>PI 0 - 4, CBR > 100%</i>	<i>0.047 - 0.055</i>
Grava Graduada Uniformemente	PI 0 - 4, CBR > 30 - 80%	0.028 - 0.051
Concreto Asfáltico	Estabilidad de Marshal 1000 - 1600 Lbs	0.098 - 0.138
Arena Asfáltica	Estabilidad de Marshal 500 - 800 Lbs	0.059 - 0.098
Agregado Grueso Estabilizado con Concreto	Resistencia a la Compresión 28 - 46 kg/cm ²	0.079 - 0.138
Agregado Grueso Estabilizado con Cal	Resistencia a la Compresión 7 kg/cm ²	0.059 - 0.118
Suelo - Cemento	Resistencia a la Compresión 18 - 32 kg/cm ²	0.047 - 0.079
CAPA DE SUBBASE		
<i>Arena - Grava Graduada Uniformemente</i>	<i>PI 0 - 6, CBR > 30 + %</i>	<i>0.035 - 0.043</i>
Suelo - Cemento	Resistencia a la Compresión 18 - 32 kg/cm ²	0.059 - 0.071
Suelo - Cal	Resistencia a la Compresión 5 kg/cm ²	0.059 - 0.071
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE		
Arena o Suelo Seleccionado	PI 0 - 10	0.020 - 0.035
Suelo con Cal	5% Mínimo de Cal en Peso de los Suelos	0.028 - 0.039
TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO		
Triple Riego		* 0.40
Doble Riego		* 0.25
Simple Riego		* 0.15
* Usar estos valores para los diferentes tipos de tratamientos bituminosos, sin calcular espesores		

TABLA 4.2.6: Coeficiente Estructural de las Capas de Pavimentos Flexibles

Para este diseño de pavimento se escogerá los siguientes coeficientes estructurales de la resistencia relativa del material de cada capa de pavimento.

Capa de Superficie: Concreto Asfáltico $a_1 = 0.173$

Capa de Base: Agregado triturado uniformemente $a_2 = 0.055$

Capa de Sub-base: Arena-grava graduada uniformemente $a_3 = 0.043$

Los nomogramas dados por la AASHTO sirven para obtener un número estructural corregido que se usará para el cálculo de espesores de capa que componen la estructura del pavimento.

Para el uso de los nomogramas es necesario definir el los siguientes parámetros:

Índice de Suficiencia (Pt), CBR de Diseño, Las aplicaciones de carga de ejes simples equivalentes a 8180 kilogramos (N) y Factor regional (FR).

Para este proyecto se ha utilizado un $P_t = 2.5$, CBR de diseño = 2.75, $N_{10 \text{ años}} = 2.2 \cdot 10^5$, $N_{20 \text{ años}} = 2.6 \cdot 10^5$, y $FR = 1$ y en base a proyecciones de rectas en los nomogramas obtenemos números estructurales corregido de:

$$NE_{NOMOGRAMA} = 3.1 \text{ para un periodo de 10 años}$$

$$NE_{NOMOGRAMA} = 3.2 \text{ para un periodo de 20 años}$$

Este método de diseño, permite estimar los espesores de cada una de las capas que conforman el pavimento (h1, h2, h3), hasta que se cumpla la siguiente desigualdad:

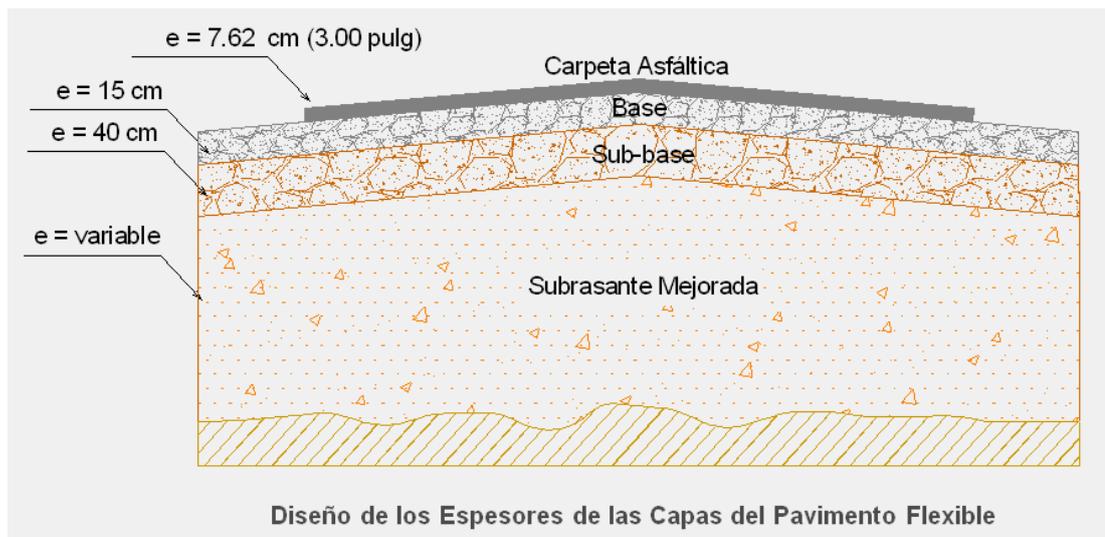
$$\sum NE \geq NE_{NOMOGRAMA} \quad (4.2.5)$$

Los resultados de los espesores del pavimento para un periodo de diseño de 20 años se resumen en la siguiente tabla:

hi	CAPA	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (Ai)	ETAPA #1: 10 AÑOS		ETAPA #2: 20 AÑOS	
			ESPOSOR "hi" (cm)	NUMERO ESTRUCTURAL NE (calculado)	ESPOSOR "hi" (cm)	NUMERO ESTRUCTURAL NE (calculado)
h1	Capa de rodadura: concreto asfáltico	0.173	7.5	1.2975	7.5	1.2975
h2	Base: agregado triturado graduado uniformemente	0.055	15	0.825	15	0.825
h3	Sub-base: arena-grava, graduada uniformemente	0.043	40	1.72	40	1.72
				NE (Calculado):	3.84	3.84
				NE (Nomograma):	3.1	3.2
				Si NE (calculado) ≥ NE (nomograma) entonces:		OK

TABLA 4.2.7: Diseño de los espesores de las capas del Pavimento Flexible para 20 años

El diseño de los espesores de cada una de las capas que conforman la nueva estructura del pavimento flexible de la vía de proyecto se muestra a continuación:



4.2.4 Tipo de Subrasante y su mejoramiento si es necesario

El comportamiento de una estructura de pavimento flexible esta en relación directa con las propiedades físicas y la resistencia de los suelos del lecho del camino o subrasante. Aunque el efecto de suelos menos satisfactorios puede reducirse aumentando el espesor de la estructura del pavimento, sin embargo es necesario dar otros pasos para asegurar el adecuado comportamiento del pavimento. Los problemas que exigen medidas correctivas necesitan ser detectados durante los estudios del diseño y es necesario darles una solución, la misma que debe indicarse en los planos y en las especificaciones. Los problemas más comunes son:

- 1.- La deformación permanente de algunos suelos bajo la acción de las cargas del tráfico, debido a su naturaleza visco-elástica.
- 2.- Los cambios excesivos de volumen que pueden producirse en cierto tipo de suelos a causa de los cambios de su contenido de humedad.
- 3.- La falta de uniformidad del valor soporte, que resulta de las amplias variaciones en el tipo de suelos y su estado.

4.- La excesiva deflexión y rebote de los suelos altamente elásticos, durante y después del paso de la carga.

5.- La pérdida de potencia del soporte de los suelos susceptibles a la congelación cuando están sujetos al congelamiento y al deshilo, con acceso de agua libre.

6.- La densificación adicional y el consecuente asentamiento de los suelos granulares sometidos a la vibración del tráfico pesado, si no han sido inicialmente bien compactados.

Con estos problemas en mente, se recomienda que las siguientes exigencias de construcción se tomen como base del diseño.

Variaciones de la subrasante: Las condiciones de la subrasante son raramente tan uniformes, que pueden considerarse existen en ellas un solo tipo de suelo. Cuando se presenten varios tipos de suelo los valores CBR de diseño de cada uno de ellos deben ser seleccionados en la forma que se describió anteriormente (Valor soporte de la subrasante). Si se presentan varias clases de suelo en diferentes secciones del camino y además están claramente separados ocupando longitudes considerables, es factible diseñar el pavimento para cada clase de suelo. Si varios suelos se presentan entremezclados, la única solución factible un solo diseño en base del suelo con el valor CBR limitante. En este caso el valor de diseño dependerá de las condiciones del proyecto y corresponderá al del suelo cuyo valor CBR de diseño sea igual o menor de 80 % de los suelos ensayados. Cuando existan rellenos en CBR de diseño será el de la mezcla de suelos que puedan obtenerse en el terreno mediante las operaciones de excavación y relleno. La selección de las condiciones limitantes del suelo y el numero de diseños de pavimento flexible que debe usarse para un trabajo específico se basa tanto en los factores económicos como de factibilidad de la construcción; esto requiere el uso del más alto grado de criterio por parte del diseñador.

Con fines de economía es practica general en el diseño de pavimentos flexibles utilizar los materiales disponibles localmente o materiales relativamente baratos en la construcción de la capa o capas entre la subrasante y la sub-base, esta capa es denominada “subrasante mejorada” y generalmente consiste en materiales granulares tratados o no y suelos tratados con cal, cemento, u otro material adecuado. La función principal de esta capa es dar resistencia a la estructura del pavimento, además de otras funciones secundarias, como las siguientes:

- 1.- Servir de plataforma de trabajo para el equipo de construcción.

- 2.- Reducir al mínimo los efectos adversos de las variaciones de la subrasante.

- 3.- Drenar agua libre dentro o debajo de la estructura de pavimento, proveniente principalmente de una napa freática cercana. Si la subrasante va a ser utilizada con este propósito debe especificarse material relativamente permeable y diseñarse los elementos necesarios para recoger y eliminar el agua acumulada.

Cuando los suelos de la subrasante son de buena calidad o cuando se necesite un pavimento de poco espesor pueden omitirse estas capas. Sin embargo, cuando se utilizan las dos capas en el diseño, la capa de la subrasante mejorada debe ser construida debajo de la sub-base y su calidad debe ser intermedia entre la de la subrasante y la de sub-base.

La capa de la subrasante mejorada puede ser una modificación de la subrasante existente o una nueva capa construida directamente sobre ésta y se establece la distinción con la sub-base limitando arbitrariamente su máximo valor CBR de diseño a menos de 20. De esta manera, se permite el uso de una amplia gama de materiales naturales de bajo costo. Las propiedades de los materiales más comunes y los requerimientos para su

compactación se hallan resumidos en la tabla 4.2.8, en el cual se establece la escala de las calidades estructurales de los materiales de acuerdo a los valores CBR, y además se establece el criterio para la granulometría y los límites de Attemberg. Puede usarse otros materiales siempre que sean uniformes y de calidad superior a los de la subrasante existente y que hayan dado buenos resultados en otros proyectos.

SUBRASANTE MEJORADA	DISEÑO CBR O RESISTENCIA A COMPRESION	COEFICIENTE ESTRUCTURAL	# 200	L.L	I.P
ARENA O SUELO SELECCIONADO	15-19	VER FIGURA IX-7 ANEXO 4.2.4	25	25	8
ARENA O SUELO SELECCIONADO	10-15.		35	30	8
SUELO SELECCIONADO	7-10.		45	35	10
SUELO SELECCIONADO	5-6.			45	15
SUELO TRATADO CON CAL	5-19.				15

TABLA 4.2.8: Propiedades y Requerimientos para la capa de Subrasante Mejorada

4.2.5 *Subbase*

La capa de subbase es la porción de la estructura del pavimento flexible, entre el suelo de fundación preparado y la capa de base. Comúnmente consiste de una capa compactada de material granular, tratado o sin tratar, o de una capa de suelo tratado con un aditivo apropiado. Además de su posición en el pavimento, se distingue del material de base por tener requerimientos menos estrictos de especificación en la resistencia, plasticidad y gradación. El material de subbase debe ser de significativamente mejor calidad que el suelo de fundación. Por razones de economía, la sub-base es frecuentemente omitida si los suelos de fundación son de alta calidad.

Los agregados que deben emplearse para la construcción de capa de Sub-base deberán graduarse uniformemente de grueso a fino y cumplirán las exigencias de granulometría que se indican en la tabla 4.2.9 siguiendo lo

establecido a la Norma INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27), luego que el material ha sido mezclado en planta y colocado en la vía.

Los agregados deben tener un coeficiente de desgaste máximo de un 50% de acuerdo al ensayo de Abrasión de los Ángeles y la porción que pasa por el tamiz No. 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un Límite Líquido máximo de 25, la capacidad de soporte corresponderá a un C.B.R. igual o mayor al 30%

SUBBASE CLASE I: Esta formada por agregado grueso proveniente de la trituración de grava o roca, mezclado con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada en la Sección 816 de las Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes del MOP, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 1, por lo menos el 30% del agregado preparado deberá obtenerse por proceso de trituración

SUBBASE CLASE II: Esta formada por agregado grueso proveniente de la trituración de grava o roca, mezclado con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada, por lo menos el 30% del agregado preparado deberá obtenerse por proceso de trituración

SUBBASE CLASE III: Esta formada por agregado grueso proveniente de la trituración de grava o roca, mezclado con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada, por lo menos el 30% del agregado preparado deberá obtenerse por proceso de trituración.

TAMIZ	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	-	-	100
2" (50.4 mm)	-	100	-
1 ½" (38.1 mm)	100	70 – 100	-
No.4 (4.75 mm)	30 - 70	30 – 70	30 – 70
No. 40 (0.425 mm)	10 – 35	15 – 40	
No. 200 (0.075 mm)	0 – 15	0 – 20	0 – 20

TABLA 4.2.9: Sub base, porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada

Fuente: Especificaciones MOP

4.2.6 Base

La capa de base es la porción de la estructura del pavimento inmediatamente debajo de la capa de rodadura. Se construye sobre la sub-base o, si no se usa subbase, directamente sobre la sub-rasante. Su función más importante en el pavimento es el soporte estructural. Comúnmente consiste de agregados tales como piedra chancada, escoria chancada, grava chancada y arena, o combinaciones de estos materiales. Puede usarse tratada o sin tratar con aditivos estabilizantes apropiados, tales como cemento Pórtland, asfalto, cal, cemento de cenizas volantes y cal de cenizas volantes. Las especificaciones para materiales de base son más estrictas que las especificaciones para material de sub-base, en lo que respecta a los requerimientos de resistencia, plasticidad y gradación.

Está compuesto de materiales por agregados triturados total o parcialmente o cribados, estabilizados con agregado fino procedente de la trituración, o suelos finos seleccionados, o ambos. La capa de base se colocará sobre una sub.-base terminada y aprobada, o en casos especiales sobre una sub-rasante previamente preparada y aprobada, y de acuerdo con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecida en los planos o en las disposiciones especiales. El límite líquido de la fracción que pase el tamiz N° 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor

del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%. Los agregados serán elementos limpios, sólidos y resistentes, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas.

La base se clasifica según las características de los agregados que lo conforman y estos son:

BASE CLASE 1 (Tipo A y Tipo B): Los materiales se obtendrán por trituración de grava o roca, para producir fragmentos limpios, resistentes y durables, que no presenten partículas alargadas o planas en exceso. Estarán exentos de material vegetal, grumos de arcilla u otro material objetable. La piedra o la grava se triturarán con un equipo tal que permita la graduación de los elementos de moltura, de tal modo que se obtengan los tamaños especificados.

Cuando se requiera, para lograr las exigencias de graduación o eliminar un exceso de material fino, la piedra o grava deberá ser cribada antes de triturarla.

Los agregados empleados en la construcción de capas de Base Clase 1 deberán graduarse uniformemente de grueso a fino y cumplirán las exigencias de granulometría que se indican en la tabla 4.2.8 de estas especificaciones, lo cual será comprobado mediante ensayos granulométricos, siguiendo lo establecido en la Norma INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27), luego de que el material ha sido mezclado en planta, o colocado en el camino.

Los agregados gruesos no presentarán un porcentaje de desgaste mayor a 40 en el ensayo de abrasión, Normas INEN 860 y 861 (AASHTO T-96), con 500 vueltas de la máquina de Los Ángeles, ni arrojarán una pérdida de peso mayor al 12% en el ensayo de durabilidad, Norma INEN 863 (AASHTO T-104), luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio.

La porción del agregado que pase el tamiz N° 40, incluyendo el relleno mineral, deberá carecer de plasticidad o tener un límite líquido menor de 25 y un índice de plasticidad menor de 6, al ensayarse de acuerdo a los métodos establecidos en las Normas INEN 691 y 692 (AASHTO T-89 y T-90).

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA	
	TIPO A	TIPO B
2" (50.8 mm)	100	-
1 1/2" (38.1 mm)	70 -100	100
1" (25.4 mm)	55 - 85	70 - 100
3/4" (19.0 mm)	50 - 80	60 - 90
3/8" (9.5 mm)	35 - 60	45 - 75
Nº 4 (4.75 mm)	25 - 50	30 - 60
Nº 10 (2.0 mm)	20 - 40	20 - 50
Nº 40 (0.425 mm)	10 - 25.	10 - 25.
Nº 200 (0.075 mm)	2 - 12.	2 - 12.

TABLA 4.2.10: Base clase 1, porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada

Fuente: Especificaciones MOP

Cuando los finos naturales existentes en los materiales originales de la cantera o yacimiento tengan un límite líquido o un índice plástico superiores a los máximos especificados, para preparar los agregados con este material, se eliminarán previamente todas las partículas menores a 10 mm. por tamizado; se triturará el material así obtenido, adicionando arena en una planta mezcladora para alcanzar la granulometría especificada.

BASE CLASE 2 Y 3.- Son bases constituidas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 50% de su peso para la Clase 2 y del 25% de su peso para la Clase 3.

Estas bases deberán hallarse graduadas uniformemente dentro de los

límites granulométricos indicados en la tabla 4.2.11 y tabla 4.2.12 Si hace falta relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación, se podrá completar con material procedente de trituración adicional, o con arena fina, que podrán ser mezclados en planta o en el camino.

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA
3/4" (19.0 mm)	100
Nº 4 (4.75 mm)	45 - 80
Nº 10 (2.0 mm)	30 - 60
Nº 40 (0.425 mm)	20 - 35
Nº 200 (0.075 mm)	3 - 15.

TABLA 4.2.11: Base clase 2, porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada

Fuente: Especificaciones MOP

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA
3/4" (19.0 mm)	100
Nº 4 (4.75 mm)	45 - 80
Nº 10 (2.0 mm)	30 - 60
Nº 40 (0.425 mm)	20 - 35

TABLA 4.2.12: Base clase 3, porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada

Fuente: Especificaciones MOP

BASE CLASE 4: Los materiales se obtendrán por trituración o cribado de grava natural, para obtener fragmentos limpios, resistentes y durables, que no presenten partículas alargadas o planas en exceso. Estarán exentos de material vegetal, grumos de arcilla u otro material objetable.

Los agregados empleados en la construcción de capas de Base Clase 4 deberán graduarse uniformemente de grueso a fino, y cumplirán las exigencias de granulometría que se indican en la Tabla 4.2.13 de estas especificaciones, lo cual será comprobado mediante ensayos granulométricos, siguiendo lo establecido en la Norma INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27), luego de que el material ha sido mezclado en planta o colocado en el camino.

Cuando se requiera, para cumplir con estas exigencias de granulometría, los agregados se mezclarán con grava de otros bancos, arena natural o material finamente triturado, en las cantidades necesarias para este propósito.

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA
2" (50.8 mm)	100
1" (25.4 mm)	60 - 90
Nº 4 (4.75 mm)	20 - 50
Nº 200 (0.075 mm)	0 - 15

TABLA 4.2.13: Base clase 4, porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
Fuente: Especificaciones MOP

CAPA DE RODADURA:

La capa de rodadura de una estructura flexible consiste de una mezcla de agregados minerales y materiales bituminosos colocada en la parte más superior y usualmente construida sobre una capa de base. Además de su función principal como una parte estructural del pavimento, debe también ser diseñada para: resistir las fuerzas abrasivas del tráfico, reducir la cantidad de agua superficial que puede penetrar en el pavimento, proveer una superficie resistente al patinaje y proporcionar una superficie de manejo lisa y uniforme.

El éxito de una capa de rodadura depende del grado con que se obtenga una mezcla con la óptima gradación de agregados y porcentajes de ligante bituminoso, para ser durable y para resistir la rotura y el desgaste superficial, sin volverse inestable bajo las cargas del tráfico y las condiciones climáticas esperadas. El uso de un procedimiento de diseño de laboratorio es esencial para asegurar que una mezcla sea satisfactoria.

4.3 **DISEÑO DE CARPETA DE RODADURA ASFÁLTICA**

En este sub capítulo se realizará un Diseño de Mezclas Asfálticas que es sólo una parte del diseño del pavimento flexible.

La mezcla debe diseñarse de acuerdo a la función que desempeñará dentro del pavimento:

- Mezcla densa, impermeable y lisa, para capa intermedia.
- Mezcla porosa, muy permeable y con buena textura y adherencia con el neumático y muy resistente a las roderas y al pulimento.
- Mezcla gruesa ó semidensa muy resistente a la fisuración por fatiga para capa de base.

En una mezcla asfáltica se debe seleccionar el tipo y granulometría de los agregados pétreos además del tipo y contenido de asfalto, con la calidad suficiente, de manera que satisfagan los requisitos específicos del proyecto para obtener las propiedades deseadas en la mezcla.

Para lograr un buen comportamiento del pavimento se deben considerar todos aquellos factores que intervienen en el diseño como:

Calidad de materiales (agregados pétreos, asfaltos y modificadores) ensayos para evaluar sus propiedades.

El diseño y elaboración de las mezclas asfálticas (método de diseño, parámetros de diseño, temperaturas y tiempos de mezclado, etc.).

La determinación del tipo de mezclas a usar en el pavimento (densa, semidensa, abierta, porosa, etc.).

Diseño del pavimento (definir espesores de mezclas asfálticas, adherencia entre capas, leyes de fatiga y módulos de rigidez).

Calidad en la construcción (espesores, compactación, adherencia, uniformidad).

MÉTODO MARSHALL: Los conceptos básicos del método de diseño Marshall para mezclas asfálticas fueron formulados inicialmente por Bruce Marshall, ingeniero encarado del control de calidad de las mezclas asfálticas en el Mississippi State Highway Department. El Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos, a través de una extensiva investigación y estudios de correlación, mejoró y adicionó ciertos aspectos al procedimiento de prueba Marshall, a la vez que desarrolló un criterio de diseño de mezclas.

El método, tal como se usó y desarrolló por U.S. Army Corp. Of Engineers, es solo aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentos obtenidos empleando betún asfáltico y agregados cuyo tamaño máximo es de una pulgada (1") o menor.

Este método en su forma actual, analiza y controla las mezclas de pavimentación bituminosa ya sea en laboratorio o en el campo.

El método Marshall utiliza especímenes de prueba estándar de 64 mm (2 ½") de alto y 102 mm (4") de diámetro; se preparan mediante un procedimiento para calentar, combinar y compactar mezclas de asfalto - agregado (ASTM D1559). Los dos aspectos principales del método Marshall son la densidad-análisis de vacíos, y la prueba de estabilidad y flujo de los especímenes compactados (Ref. libro).

Los parámetros fundamentales para la obtención del contenido óptimo de asfalto son los siguientes:

Estabilidad: La estabilidad Marshall se define como la máxima carga en libras que puede resistir una briqueta normalizada a 60°C (140°F), en el momento que se produzca la falla de dicha briqueta. La estabilidad mediante el empleo del principio de resistencia a compresión y al corte en muestras semilibres (la masa total de una muestra compactada debe sufrir esfuerzos cortantes. Los esfuerzos aplicados y la naturaleza de la falla de la muestra son secuencia del diseño especial del molde de la prueba). La carga máxima necesaria para producir la falla de las muestras a 60°C, es el **índice de estabilidad**.

Fluencia: El flujo Marshall es el movimiento o deformación total que se produce en la briqueta desde el comienzo hasta la carga máxima durante el ensayo de estabilidad expresado normalmente en centésimas de pulgada. Una característica de la prueba Marshall es la medida del Índice de Fluidez o Flexibilidad de la muestra de prueba. Un índice bajo indica una mezcla seca y quebradiza, mientras que un índice alto es indicio de una mezcla blanda y plástica.

Densidad: Es simplemente la relación entre el peso y el volumen, antes de someter la briqueta a la máquina de Marshall.

Vacíos llenados con asfalto: Vacíos entre las partículas de agregado recubiertas con asfalto.

Vacíos del agregado mineral: Es el volumen entre espacios del agregado.

4.3.1 Componentes del Asfalto

Asfalto: Material de color oscuro con cualidades aglutinantes, compuesto esencialmente por hidrocarburos, casi en su totalidad soluble en bisulfuro de carbono, sólido o semisólido a las temperaturas ambientales ordinarias y que se licúa gradualmente al calentarse.

Es parte integrante de muchos petróleos en los cuales existe en solución. Cuando se refinan dichos petróleos para separar las fracciones volátiles, el sedimento que queda, es el asfalto.

Procesos análogos que ocurren en la naturaleza han formado depósitos naturales de asfalto, algunos prácticamente libres de materias extrañas y otros en que el asfalto se encuentra mezclado con cantidades variables de ciertos minerales, agua y otras sustancias.

Materiales asfálticos: Atendiendo a su procedencia pueden clasificarse en dos grandes grupos:

Productos naturales: Se conoce una amplia gama de productos con base asfáltica que existen en la naturaleza y de los que pueden obtenerse, sin necesidad de destilación, aglomerantes para pavimentos. Los asfaltos naturales se manifiestan de diversas formas, entre las que destacan las siguientes: Manantiales, lagos, exudaciones, impregnando rocas, yacimientos.

Productos manufacturados: Los productos manufacturados procedentes de la destilación del petróleo y que se emplean en los trabajos de pavimentación son: Cementos asfálticos, Asfaltos rebajados, Emulsiones asfálticas.

Clasificación de los Asfaltos de acuerdo a viscosidad a 60 °C: Pueden emplearse distintos tipos de asfalto, los más usuales son los de penetración 40/50, 60/70 y el 80/100 (AC-30, AC-20 Y AC-10 respectivamente de acuerdo a las normas de la SCT vigentes) pero también se utilizan asfaltos modificados actualmente en nuestro país.

Características	Clasificación			
	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30
Del cemento asfáltico original:				
Viscosidad dinámica a 60°C; Pa·s (P ^[1])	50 ± 10 (500 ± 100)	100 ± 20 (1 000 ± 200)	200 ± 40 (2 000 ± 400)	300 ± 60 (3 000 ± 600)
Viscosidad cinemática a 135°C; mm ² /s, mínimo (1 mm ² /s = 1 centistoke)	175	250	300	350
Viscosidad Saybolt-Furol a 135 °C; s, mínimo	80	110	120	150
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s; 10 ⁻¹ mm, mínimo	140	80	60	50
Punto de inflamación Cleveland; °C, mínimo	177	219	232	232
Solubilidad; %, mínimo	99	99	99	99
Punto de reblandecimiento; °C	37 - 43	45 - 52	48 - 56	50 - 58
Del residuo de la prueba de la película delgada:				
Pérdida por calentamiento; %, máximo	1	0,5	0,5	0,5
Viscosidad dinámica a 60°C; Pa·s (P ^[1]), máximo	200 (2 000)	400 (4 000)	800 (8 000)	1 200 (12 000)
Ductilidad a 25°C y 5 cm/min; cm, mínimo	100	75	50	40
Penetración retenida a 25 °C; %, mínimo	46	50	54	58

TABLA 4.3.1: Clasificación del Asfalto de acuerdo a la viscosidad a 60 °C
Fuente: Diseño Profesional de Pavimentos modulo 1

Propiedades de los Asfaltos consideradas en el diseño de mezcla asfáltica: Las propiedades que contribuyen a obtener una buena calidad en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente. Entre ellas están las siguientes: Trabajabilidad, Estabilidad, Impermeabilidad, Flexibilidad, Adhesividad, Resistencia y tenacidad, Resistencia a la fatiga, Resistencia al deslizamiento, Durabilidad.

Trabajabilidad: Es la facilidad con que la mezcla asfáltica puede ser colocada, extendida y compactada. Las mezclas que tienen buena trabajabilidad pueden colocarse fácilmente y se compactan sin dificultad; las que tienen mala trabajabilidad son difíciles de colocar y compactar.

La trabajabilidad puede ser mejorada modificando los parámetros del diseño de la mezcla, el tipo de agregado y/o la granulometría.

El asfalto no es la principal causa de los problemas de trabajabilidad pero sí afecta dicha propiedad. La temperatura de la mezcla afecta la viscosidad del asfalto, una temperatura demasiado baja hará que la mezcla sea poco trabajable, mientras que una alta temperatura podrá hacer que la mezcla se vuelva "tierna" (mezcla inestable y muy deformable para ser colocada y compactada apropiadamente).

Estabilidad de la mezcla: Es la capacidad para resistir desplazamiento y deformación bajo las cargas del tránsito y el clima. Una mezcla estable es capaz de mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas; un pavimento con una capa de mezcla asfáltica inestable permite que se formen ahuellamientos y roderas (canalizaciones), ondulaciones (corrugaciones) y otras señas que indican cambios en la mezcla.

La estabilidad de una mezcla depende de la fricción y la cohesión interna. La fricción interna entre las partículas de agregado está relacionada con características del agregado tales como forma y textura superficial. La cohesión resulta de la capacidad ligante del asfalto.

En términos generales, entre más angular sea la forma de las partículas de agregado y más áspera sea su textura superficial, más alta será la estabilidad de la mezcla.

Durabilidad: Puede definirse como la habilidad de una mezcla asfáltica para resistir factores tales como la desintegración del agregado, cambios en las propiedades del asfalto, envejecimiento y fragilización (polimerización y oxidación), separación y desenvuelta de las partículas por el asfalto y fundamentalmente, resistir la fisuración por fatiga resultado de la acción conjunta del clima y tránsito.

La durabilidad de la mezcla puede ser mejorada de tres maneras:

Usando la mayor cantidad posible de asfalto.

Utilizando una graduación “densa” de agregado resistente a la separación (buena adherencia con el pétreo).

Diseñando y compactando adecuadamente la mezcla para obtener la máxima compacidad y resistencia.

Flexibilidad: capacidad de un pavimento asfáltico para acomodarse, sin que se agriete, a movimientos y asentamientos graduales de la subrasante. La flexibilidad es una propiedad deseable en todo pavimento asfáltico debido a que virtualmente todas las subrasantes se asientan o se expanden, una mezcla de granulometría abierta con alto contenido de asfalto, generalmente es más flexible que una densamente graduada con bajo contenido de asfalto.

Algunas veces los requerimientos de flexibilidad entran en conflicto con los requisitos de estabilidad, de tal manera que se debe buscar el equilibrio al diseño del pavimento.

Resistencia a la fatiga: Propiedad de la mezcla asfáltica para resistir, sin agrietarse, la flexión repetida impuesta por las cargas del tránsito y el clima, se ha demostrado, mediante investigación, que los vacíos (relacionados con el contenido de asfalto) y la viscosidad del asfalto tiene un efecto considerable sobre la resistencia a la fatiga. A medida que el porcentaje de vacíos aumenta, ya sea por diseño o por falta de compactación, la resistencia a la fatiga del pavimento disminuye. Así mismo, un pavimento que contiene asfalto que se ha envejecido y endurecido considerablemente tiene menor resistencia a la fisuración por fatiga.

Las características de resistencia y espesor de un pavimento, y la capacidad de soporte de la subrasante, tienen mucho que ver con la durabilidad o vida del pavimento y con la prevención del agrietamiento asociado con cargas del tránsito

Resistencia al deslizamiento: Es la habilidad de una superficie de rodamiento (capa de rodadura) de minimizar el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos, particularmente cuando la superficie esta mojada, para obtener buena resistencia al deslizamiento, el neumático debe ser capaz de mantener contacto con las partículas de agregado en vez de rodar sobre una película de agua en la superficie del pavimento. Se recurre a dejar la superficie de rodamiento áspera y rugosa y en algunas ocasiones a riegos de sello o gravilla resistente al pulimento y a la abrasión del tránsito y actualmente a capas de mezclas porosas o drenantes y microaglomerados

Factores de Ligante Bituminoso: El propósito principal del asfalto es el de mantener al agregado en su lugar y mantenerlo sujeto a la superficie inferior (base). Si esto no se consigue, el rendimiento del asfalto será pobre, a pesar de que es asfalto cumpla sus funciones secundarias que son:

Sellar la superficie inferior y evitar la entrada de humedad de aire.

Dentro de un periodo corto relativamente el bitumen debe desarrollar suficiente fuerza a la cohesión.

El asfalto no debe volverse duro ni quebradizo.

Después de un corto periodo el asfalto debe desarrollar suficiente viscosidad, para evitar movimientos del agregado bajo la acción de cualquier temperatura creada en la superficie del pavimento por efecto de tráfico.

Es necesario conocer el peso específico del asfalto, con el objeto de utilizarlo en los análisis de vacíos y en la determinación de la densidad de la mezcla.

Por otro lado, hay también un límite para la cantidad máxima de material bituminoso puesto que cualquier exceso dará por resultados fenómenos tales como, afloramiento, ennegrecimiento de la superficie y baja resistencia al deslizamiento cuando la superficie este húmeda.

El grado de Asfalto, en el ensayo Marshall tiene gran efecto en la estabilidad, pero muy poco valor en el flujo. Entre más viscoso sea el asfalto, será la estabilidad obtenida para un porcentaje dado de este.

4.3.2 *Tratamiento de los Agregados*

Los procedimientos preliminares se enfocan hacia el agregado con el propósito de identificar exactamente sus características. Un pavimento es tan bueno como los materiales y calidad del proceso constructivo, ningún equipo por sofisticado que sea puede compensar el uso de materiales y técnicas de construcción deficientes.

Los agregados típicos incluyen grava, arena, roca triturada, escoria y polvo de roca. Y además constituyen del 90 al 95% en peso y del 75 al 85% en volumen de las mezclas empleadas en la construcción de pavimentos. Por cada probeta hacen falta por lo general 1000 gramos aproximadamente de áridos. Esto hace que la calidad del agregado usado sea un factor crítico en el comportamiento del pavimento. Aun más, un agregado que cumple con los requisitos de costo y disponibilidad deberá poseer también ciertas propiedades para ser considerado apropiado para un pavimento asfáltico estas propiedades son:

Graduación y tamaño, textura de la de la partícula, superficie, limpieza, absorción, dureza, afinidad, forma de la partícula, peso específico.

Graduación y tamaño máximo de la partícula: Es necesario entender cómo se mide el tamaño de las partículas y la graduación para determinar si la graduación del agregado cumple o no con las especificaciones. El tamaño de las partículas más grande en la que debe ser determinado, debido a que las especificaciones hablan de un tamaño máximo de partícula para cada agregado usado. Una mezcla asfáltica se clasifica de acuerdo a su tamaño.

Tamaño máximo.- es el tamaño de las partículas más grandes en la muestra.

Tamaño máximo nominal.- corresponde a la abertura de la malla más grande que la primera malla que retiene más del 10% de las partículas más grandes en la muestra.

Tamaño máximo de partícula.- corresponde a la abertura de la malla más pequeña por la cual pasa el 100% de las partículas de la muestra.

Granulometría del agregado.- se determina mediante un análisis que se efectúa con una serie de mallas de aberturas específicas. Los métodos empleados para determinar la graduación del agregado son:

Cribado en seco: para el agregado grueso.

Cribado en húmedo: cuando las partículas están cubiertas de polvo o material limo - arcilloso, las muestras son lavadas a fondo para removerlo: la diferencia en peso antes y después de lavado representa la cantidad de polvo en la muestra original.

Limpieza de los agregados: La limpieza del agregado puede determinarse, usualmente mediante inspección visual, pero un tamizado por lavado (donde el peso de la muestra del agregado antes de ser lavada es comparado con su peso después de ser lavada) proporciona una medida exacta del porcentaje del material indeseable.

Dureza de los agregados: Los agregados deben resistir la abrasión y degradación durante la producción de la mezcla, así como durante la construcción y vida de servicio del pavimento.

Los agregados en la superficie o cerca de ella deben ser más duros, por ser las que reciben los mayores esfuerzos y desgaste por las cargas impuestas por el tránsito.

El ensayo en la máquina de Los Ángeles mide la resistencia al desgaste y a la abrasión.

Forma de las partículas: Afecta la trabajabilidad de las mezclas durante el tendido, así como la energía necesaria para la compactación a la densidad requerida. También afecta la resistencia de la estructura del pavimento durante su vida, las partículas irregulares y angulares resisten el desplazamiento en el pavimento; mientras que, las partículas alargadas y en forma de lascas también afectan la resistencia de las mezclas.

Textura superficial del agregado: Es determinante no solo en la trabajabilidad y resistencia final de las mezclas, sino también de la resistencia al deslizamiento en la superficie del pavimento. Las películas de asfalto se adhieren más fácilmente a las superficies con textura rugosas que a las superficies lisas, la trituración de partículas redondeadas y/o lisas produce texturas rugosas en las caras fracturadas y cambios en la forma de las partículas.

Absorción: Todos los agregados son porosos, unos más que otros y la capacidad de un agregado de absorber agua (o asfalto) es importante.

Un agregado altamente absorbente puede seguir absorbiendo asfalto después del mezclado inicial en la planta, dejando así menos asfalto en su superficie para ligar con las demás partículas. Los agregados altamente porosos y absorbentes no son normalmente usados, a menos que posean otras características que los hagan deseables.

Afinidad por el asfalto: Es la tendencia de los agregados para aceptar y retener una capa de asfalto.

Los agregados que repelen el agua son generalmente los que tienen alta afinidad con el asfalto porque resisten los esfuerzos del agua por separar el asfalto de su superficie.

Los agregados que atraen el agua tienen poca afinidad con el asfalto, tienden a separarse de las películas de asfalto cuando son expuestos al agua.

Peso específico: Es la proporción entre el peso de un volumen dado de agregado y el peso de un volumen igual de agua, debido a que el asfalto y los agregados son proporcionados, en la mezcla, de acuerdo al peso podemos decir que:

Una tonelada de agregado de bajo peso específico ocupa un volumen mayor que otro de mayor peso; por consiguiente, requiere de más asfalto para poder cubrir todas sus partículas pues su volumen es mayor.

El método Marshall requiere que los agregados ensayados estén libre de humedad tanto sea posible. Esto evita que la humedad afecte a los resultados de los ensayos. Una muestra de cada agregado a ser ensayado se coloca en un horno a una temperatura de 110°C hasta su peso constante. Esto indica que la mayor cantidad posible de humedad se ha evaporado de la muestra.

A continuación se presenta la tabla 4.3.2, donde se indican los límites de porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para distinto tamaño de agregado.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	¾"	½"	3/8"	Nº4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
¾" (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
½" (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9.50 mm.)	56 - 80	--	90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

TABLA 4.3.2: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
Fuente: Especificaciones MOP

4.3.3 *Dosificación de los Agregados*

La dosificación de agregados es el procedimiento para lograr que la gradación de una mezcla se encuentre dentro de los límites recomendados en una especificación determinada, se cuenta con procedimientos gráficos y analíticos; dentro de estos últimos el método de ensayo o prueba y error es quizás el más usado (**ANEXOS 4.3.3**).

4.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

En este sub capítulo se describirá el diseño de concreto asfáltico método Marshall que será utilizado en el proyecto (**ANEXOS 4.4**).

Se considera la elaboración de tipos de prueba mediante el método Marshall, preparados con diferentes contenidos de material pétreo y de producto asfáltico que cumplan con los requisitos de calidad:

Previamente se determinará:

Contenido aproximado de asfalto mediante fórmulas empíricas o cualquier otro método adecuado.

Se define el peso específico relativo aparente del material pétreo por inmersión en cemento asfáltico y se determina el peso específico relativo del residuo asfáltico.

La preparación de las mezclas se efectúa en briquetas cilíndricas con la cantidad necesaria de material pétreo para que la muestra tenga una altura aproximada de 2.5 pulgadas y de diámetro 4 pulgadas, las que se preparan empleando un procedimiento especificado para calentar, mezclar y compactar la mezcla de asfalto y agregados. Las muestras se preparan de la siguiente manera:

- El asfalto y el agregado se calientan y se mezclan completamente hasta que las partículas de los agregados estén revestidas. Esto asimila los procesos de calentamiento y mezclado que ocurren en la planta.
- Las mezclas de asfalto se colocan en moldes pre-calentados Marshall, como preparación para la compactación, en donde se usa el martillo de compactación el que es también calentado para que enfríe la superficie de la mezcla al golpearla.
- Las briquetas son compactadas mediante golpes del martillo Marshall de compactación. El número de golpes del martillo depende de la cantidad de tránsito para el que va a ser diseñado. Ambas caras de cada biqueta reciben el mismo número de golpes, es decir que una probeta Marshall que se somete a 35 golpes recibe realmente 70 golpes.

- Después de completar la compactación las probetas son enfriadas y extraídas de los moldes hasta que el espécimen adquieran la consistencia para extraerlos sin dañarlos; después de extraerlos se mantienen en reposo a la temperatura ambiente, durante 24 horas antes de ser probados.

Cabe recalcar que se preparan mezclas para elaborar muestras por triplicado para cada contenido de asfalto, es decir, que los ensayos se realizarán sobre la base de incrementos del contenido de asfalto del 0.5% y deben emplearse al menos dos contenido de asfalto por encima y por debajo del valor óptimo.

Después se determina el diámetro y altura promedios y peso volumétrico de cada uno de las muestras (en aire y en agua). La medida de densidad real y el peso específico bula de cada una de las briquetas debe hacerse cuando estas se han enfriado a temperatura ambiente.

A continuación se procede a sumergir en agua todas las muestras a $60 \pm 1^\circ\text{C}$ durante un lapso de 30 a 40 minutos. Esta temperatura representa, normalmente la temperatura caliente que un pavimento en servicio va a experimentar.

La determinación de la estabilidad y flujo se inicia a los 30 minutos de inmersión y se debe probar el último a los 42 minutos de haber sido introducido en el baño.

El ensayo de las muestras se realiza aplicando carga a una velocidad de deformación de 50.8 mm/minuto, hasta la falla, que es el valor de la estabilidad Marshall. Al presentarse la carga máxima se toma la medida del flujo en mm.

La carga de falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y la lectura del medidor de fluencia, como la fluencia.

Con los datos de peso volumétrico, por ciento de vacíos de la mezcla, por ciento de vacíos del material pétreo, estabilidad y flujo, cada uno contra la proporción de asfalto, se dibujan mediante un sistema de ejes coordenados las correspondientes gráficas. Del análisis de las gráficas se deduce la proporción “óptima” de asfalto que permita las mayores ventajas de las propiedades evaluadas. El Instituto del asfalto recomienda que se determine el contenido de asfalto para el cual el contenido de vacíos en la mezcla sea de 4 %. Luego, se evalúan todas las demás propiedades para este contenido de asfalto.

Las curvas que se representan las propiedades de las mezclas asfálticas densas, obtenidas en un diseño Marshall son muy semejantes entre sí. Las características que aparecen corrientemente son las siguientes:

Curva de Estabilidad: Crece a medida que se incrementa el porcentaje de asfalto, hasta llegar a un máximo y luego comienza a decrecer con incrementos sucesivos de ligantes, Esta curva, de forma convexa hacia arriba, está íntimamente relacionada con la curva de densidad. Para contenidos bajo de asfalto y ante un esfuerzo dado de compactación, para una granulometría dada, los esfuerzos inducidos son absorbidos prácticamente por las partículas por la que la resistencia se debe casi exclusivamente a la fracción interna del agregado. A medida que se incrementa el asfalto, el aporte de cohesión es mayor complementándose con el aporte de fricción de las partículas del agregado. Esto sucede hasta un punto en el cual, ante un exceso de asfalto se comienza a perder contacto interparticular y la estabilidad comienza a decrecer y es aportada por el ligante y la fracción fina del agregado. A medida que se aumenta la cantidad de asfalto, se sigue perdiendo aporte de

fricción, el de cohesión tiende a estabilizarse y la estabilidad continúa descendiendo.

Curva de Densidad: Presenta la misma tendencia que la anterior, aun cuando el porcentaje de ligante para la máxima densidad normalmente ocurre en valores de asfalto ligeramente superiores que para la máxima estabilidad.

Curva de flujo: El flujo aumenta con el incremento de asfalto, siendo una consecuencia lógica de que las mezclas más ricas en asfalto son más flexibles y deformables que las mezclas secas. Las mezclas que tienen valores bajos de fluencia y valores muy altos de estabilidad Marshall son consideradas como demasiado frágiles y rígidas para un pavimento en servicio. Aquellos que tienen valores altos de fluencia son considerados demasiado plásticos y tienen tendencia de deformarse fácilmente bajo las cargas de tránsito.

Curvas de vacíos totales: A medida que se incrementan el contenido de asfalto se van llenando los vacíos ocupados por el aire y como consecuencia su porcentaje respecto al volumen de la briqueta, se hace menor. El porcentaje de vacíos se calcula a partir del peso específico total de cada briqueta compactada y del peso específico teórico de la mezcla (sin vacíos).

Curvas de vacíos en el agregado mineral: Las mezclas de agregado sin ligante logran su mayor grado de densidad ante un esfuerzo de compactación determinado a medida que se incrementa el contenido de ligante, este se cubre las partículas y hace que ellas comienzan a separarse, perdiendo el contacto de grano en grano, y por lo tanto los espacios no ocupados por los agregados, que es el VAM, comienza a crecer. A medida que se aumenta el contenido de asfalto, este comienza a actuar como lubricante, las partículas

vuelven a buscar un mejor acomodo y mejorando su densidad y disminuyendo los vacíos no ocupados por agregado. Cuando los vacíos se llenan con el máximo de asfalto, cantidades adicionales de ligante comienza a causar una separación entre las partículas de agregado y en consecuencia, los valores de VAM, comienza a aumentar con cada incremento de asfalto.

Criterios Marshall: En la siguiente tabla se mostrará los valores permisibles según las especificaciones según el MOP.

Tabla 405-5.2.

Ensayos de acuerdo al método Marshall	T R A F I C O					
	PESADO		MEDIO		LIVIANO	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx
Nº de golpes	75		50		35	
Estabilidad (libras)	1.800	--	1.200	--	750	--
Flujo (pulgada/100)	8	16	8	18	8	20
% vacíos con aire:						
Carpeta	3	5	3	5	3	5
Base	3	8	3	8	3	8

TABLA 4.4.1: Valores permisibles para ensayos Marshall

Fuente: Especificaciones MOP

4.5 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL

Los dispositivos de regulación del tránsito tienen como deber indicar a los usuarios las precauciones y limitaciones que deben tener en cuenta en condiciones específicas de la vía.

La finalidad esencial de toda señalización es la de transmitir a los usuarios de las vías públicas unas normas específicas mediante símbolos o palabras oficialmente establecidos, con objeto de regular o dirigir la circulación. Una vía correctamente señalizada se aprovecha mejor que si se aplican en ella, exclusivamente, las normas generales de la circulación.

La señalización tiene las cuatro funciones siguientes:

Informar: El conductor de las condiciones que reúne aquello que le rodea. Además, la información se encamina a que el conductor sepa dónde está, cual es el mejor camino para alcanzar su destino y cuando ha llegado a él.

Regular: El uso de la vía en cada momento.

Avisar: Los posibles peligros que pueda encontrar el conductor.

Aconsejar: En qué forma debe conducirse para sacar el mejor partido posible del vehículo y de la vía, sin sobrepasar los límites de seguridad.

SEÑALIZACION HORIZONTAL: La señalización horizontal, corresponde a la aplicación de marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el

tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

Consideraciones generales:

La demarcación desempeña funciones definidas e importantes en un adecuado esquema de regulación del tránsito. En algunos casos, son usadas para complementar las órdenes o advertencias de otros dispositivos, tales como las señales verticales y semáforos; en otros, transmiten instrucciones que no pueden ser presentadas mediante el uso de ningún otro dispositivo, siendo un modo muy efectivo de hacerlas entendibles.

Para que la señalización horizontal cumpla la función para la cual se usa, se requiere que se tenga una uniformidad respecto a las dimensiones, diseño, símbolos, caracteres, colores, frecuencia de uso, circunstancias en que se emplea y tipo de material usado.

Las marcas viales o demarcaciones deben ser: reflectivas excepto paso peatonal tipo cebra, o estar debidamente iluminadas.

Las líneas de demarcación con pintura en frío que se apliquen sobre concreto asfáltico deberán ser pintadas como mínimo 30 días después de construida la carpeta de rodadura. Cuando por circunstancias especiales se requiera realizar la demarcación antes de dicho término, ésta deberá realizarse aplicando un espesor húmedo igual a la mitad del especificado para la pintura definitiva y se deberá colocar aquella dentro de los 8 días siguientes.

Clasificación:

Marcas longitudinales: Líneas centrales, líneas de borde de pavimento, líneas de carril, líneas de separación de rampas de

entrada o de salida, demarcación de zonas de adelantamiento prohibido, demarcación de bermas pavimentadas, demarcación de canalización, demarcación de transiciones en el ancho del pavimento, demarcación de aproximación a obstrucciones, demarcación de aproximación a pasos a nivel, demarcación de líneas de estacionamiento, demarcación de uso de carril, demarcación de carriles exclusivos para buses, demarcación de paraderos de buses, demarcación de carriles de contra-flujo, flechas.

Marcas transversales: Demarcación de líneas de “pare”, demarcación de pasos peatonales, demarcaciones de ceda el paso, líneas antibloqueo, símbolos y letreros

Marcas de objetos: Dentro de la vía, adyacentes a la vía

Marcas Longitudinales: Una línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella, ni cuando la marca separe los dos sentidos de circulación, circular por la izquierda de ella.

Una marca longitudinal constituida por dos líneas continuas tiene el mismo significado. Se excluyen de este significado las líneas continuas de borde de calzada.

Líneas centrales: Se emplearán estas líneas de color amarillo, para indicar el eje de una calzada con tránsito en los dos sentidos y de color blanco para separar carriles de tránsito, en el mismo sentido. En circunstancias especiales esta línea puede no estar en el centro geométrico de la calzada, como es el caso de transiciones en el ancho del pavimento, cuando hay un carril adicional para marcha

lenta, en la entrada a túneles o puentes angostos, etc. Las líneas centrales deben usarse en los siguientes casos:

En vías rurales de dos sentidos, con ancho de pavimento de 5,50 m o más.

En vías secundarias o de jerarquía superior, dentro del perímetro urbano de las poblaciones.

En todas las calles o carreteras de cuatro o más carriles.
En ciclo rutas.

En autopistas, carreteras principales y secundarias, y

En todas las vías en donde un estudio de ingeniería de tránsito así lo aconseje.

Las líneas centrales estarán conformadas por una línea segmentada de 12 cm. de ancho, como mínimo, con una relación de longitudes entre segmento y espacio de 3 a cinco 5. Tendrán las siguientes dimensiones:

a) En vías rurales:

Longitud del segmento pintado 4,50 m

Longitud del espacio sin pintar 7,50 m

b) En vías urbanas:

Longitud del segmento pintado 3,00 m

Longitud del espacio sin pintar 5,00 m

Líneas de borde de pavimento: Esta línea separa el espaldón del carril de circulación, indicando el borde exterior del pavimento. En todas las vías, urbanas y rurales que no cuenten con sardineles y en las vías arterias o de jerarquía superior, se debe delimitar el borde de pavimento para impedir el tránsito de vehículos por la berma y especialmente en la aproximación a intersecciones, cruces, puentes angostos, perímetros urbanos, etc.

Una línea de borde de pavimento de color amarillo a la izquierda de la calzada, en vías con separador, indica la finalización de circulación en ese sentido.

Líneas del carril: Estas líneas servirán para delimitar los carriles que conducen el tránsito en la misma dirección.

Para indicar que el cambio del carril se puede hacer sin afrontar un riesgo, se usará una línea blanca segmentada de 12 cm. de ancho, como mínimo, con relación de longitudes entre segmento y espacio de 3 a cinco 5, conforme a las siguientes dimensiones:

a) En vías rurales:

Longitud del segmento pintado 4,50 m

Longitud del espacio sin pintar 7,50 m

b) En vías urbanas:

Longitud del segmento pintado 3,00 m

Longitud del espacio sin pintar 5,00 m

Cuando el cambio de carril puede acarrear un riesgo, si no se efectúa con precaución, se usará una línea blanca continua de 12

cm. de ancho, como mínimo.

Demarcación de zonas de adelantamiento prohibido: Estas demarcaciones sirven para delimitar longitudinalmente las zonas en las cuales el adelantamiento está prohibido en uno u otro sentido o en ambos a la vez, lo que se indicará por las características especiales de la demarcación central.

Deberán demarcarse las zonas de adelantamiento prohibido en tramos de recta, curva horizontal, curva vertical en donde la distancia de visibilidad para efectuar la maniobra de adelantamiento es mayor que la distancia de visibilidad del sector, teniendo en cuenta la velocidad del 85% (percentil 85) de los usuarios, determinada mediante un estudio de ingeniería de tránsito, o la velocidad de diseño del sector.

Para demarcar zonas de adelantamiento prohibido en curvas verticales y curvas horizontales, en el evento de que la longitud de la zona de prohibido adelantamiento resulte inferior a la indicada, se adelantará el inicio de la zona de prohibición, hasta alcanzar esta longitud de acuerdo con lo establecido en la tabla 4.5.1

La definición de las zonas de prohibido adelantamiento, se deberá hacer mediante un chequeo en planos, tanto en planta como en perfil, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- a) En perfil: La altura del ojo del conductor y del vehículo que se acerca, se mide a 1,20 m de la superficie del pavimento.

b) En planta: La visual de los conductores se ubica a 0,50 m a la derecha de la línea de eje de la vía, en cada sentido de circulación.

La distancia mínima de visibilidad de adelantamiento y la longitud mínima de la línea de prohibido adelantamiento, se calcularán de acuerdo con la velocidad de operación, teniendo en cuenta lo establecido en la tabla 4.5.1.

Velocidad (Km/h)	Distancia mínima de visibilidad de adelantamiento (m)	Longitud mínima de adelantamiento prohibido (m)
40	140	35
50	150	40
60	170	45
70	210	55
80	240	60
100	324	80
120	400	100

TABLA 4.5.1: Distancias mínimas de visibilidad, para demarcación de zonas de prohibido adelantamiento

SEÑALIZACIÓN VERTICAL: Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

De acuerdo con la función que cumplen, las señales verticales se clasifican en:

Señales preventivas

Señales reglamentarias

Señales informativas

Autoridad legal: Las señales de tránsito serán instaladas, únicamente, por las entidades oficiales responsables de la vía, por las autoridades que tengan delegada esta función o por quienes tengan una autorización legal previa para hacerlo.

Toda señal no autorizada, no esencial o que no cumpla con las especificaciones contenidas en este proyecto, que sea colocada en la acera o derecho de vía, deberá ser retirada por la autoridad competente.

Uso de las señales: Toda señal colocada, deberá cumplir con el propósito específico prescrito en este proyecto. Antes que una vía sea abierta al tránsito, deberán instalarse todas las señales que sean necesarias.

El uso de las señales debe estar apoyado en estudios realizados por profesionales con experiencia en el campo de la Ingeniería de Tránsito.

Debe tenerse cuidado de no instalar un número excesivo de señales preventivas y reglamentarias en un espacio corto, ya que esto puede ocasionar la contaminación visual y la pérdida de efectividad de las mismas. Por otra parte, es conveniente que se usen con frecuencia las señales informativas de identificación y de destino, con el fin de que los usuarios de la vía conozcan siempre su ubicación y rumbo.

Es necesario tener en cuenta que las condiciones urbanas muchas veces difieren de las condiciones rurales.

Requisitos que deben cumplir las señales: Estado y conservación: Todos los símbolos deberán ser iguales a los que se presentan en este Manual, y cuando se requieran leyendas, las letras y palabras se diseñarán teniendo en cuenta lo contemplado en este capítulo. La uniformidad en el diseño y en la colocación de las señales debe conservarse siempre. Las condiciones idénticas deberán siempre anunciarse con el mismo tipo de señal, independientemente de dónde ocurran. No obstante, el juicio del ingeniero es esencial para el uso adecuado de las señales, igual que con los otros dispositivos que sea necesario instalar para la regulación del tránsito.

Todas las señales deben permanecer en su posición correcta, limpia y legible en todo tiempo; se deben reemplazar aquéllas que por la actuación de agentes externos que las deterioren, no cumplan el objetivo para el cual fueron diseñadas e instaladas.

Dentro del programa de mantenimiento se deben reemplazar las señales defectuosas, las que por cualquier causa no permanezcan en su sitio, y retirar las que no cumplan una función específica porque han cesado las condiciones que obligaron a instalarlas.

Visibilidad: Las señales que se instalen deberán ser legibles para los usuarios y su ubicación debe ser acorde con lo establecido en este proyecto, para permitir una pronta y adecuada reacción del conductor aún cuando éste se acerque a la señal a alta velocidad. Esto implica que los dispositivos cuenten con buena visibilidad,

tamaño de letras adecuado, leyenda corta, símbolos y formas acordes con lo especificado en el presente proyecto. Las señales preventivas, reglamentarias e informativas deberán elaborarse con material retrorreflectante Tipo I o de características superiores, que cumpla con las coordenadas cromáticas en términos del Sistema.

Colocación de las señales: En la figura 4.5.1 se muestra un esquema general para la colocación de las señales verticales.

Ubicación lateral: Todas las señales se colocarán al lado derecho de la vía, teniendo en cuenta el sentido de circulación del tránsito, de forma tal que el plano frontal de la señal y el eje de la vía formen un ángulo comprendido entre 85 y 90 grados, con el fin de permitir una óptima visibilidad al usuario.

En carreteras, la distancia de la señal medida desde su extremo interior hasta el borde del pavimento, deberá estar comprendida entre 1,80 m y 3,60 m. En las zonas urbanas serán instaladas de tal forma que la distancia de la señal medida desde su extremo más sobresaliente hasta el borde del andén no sea menor de 0,30 m. Para las señales elevadas los soportes verticales que sostienen la señal, se instalarán a una distancia mínima desde el borde exterior de la berma, o de la cara exterior del sardinel, en el caso de existir éste, de 1,80 m en zonas urbanas y de 2,20 m en carretera . Cuando se proyecten soportes verticales intermedios, estos pueden localizarse en un separador siempre y cuando su ancho sea suficiente para que el soporte vertical deje distancias laterales no menores de 0,60 m.

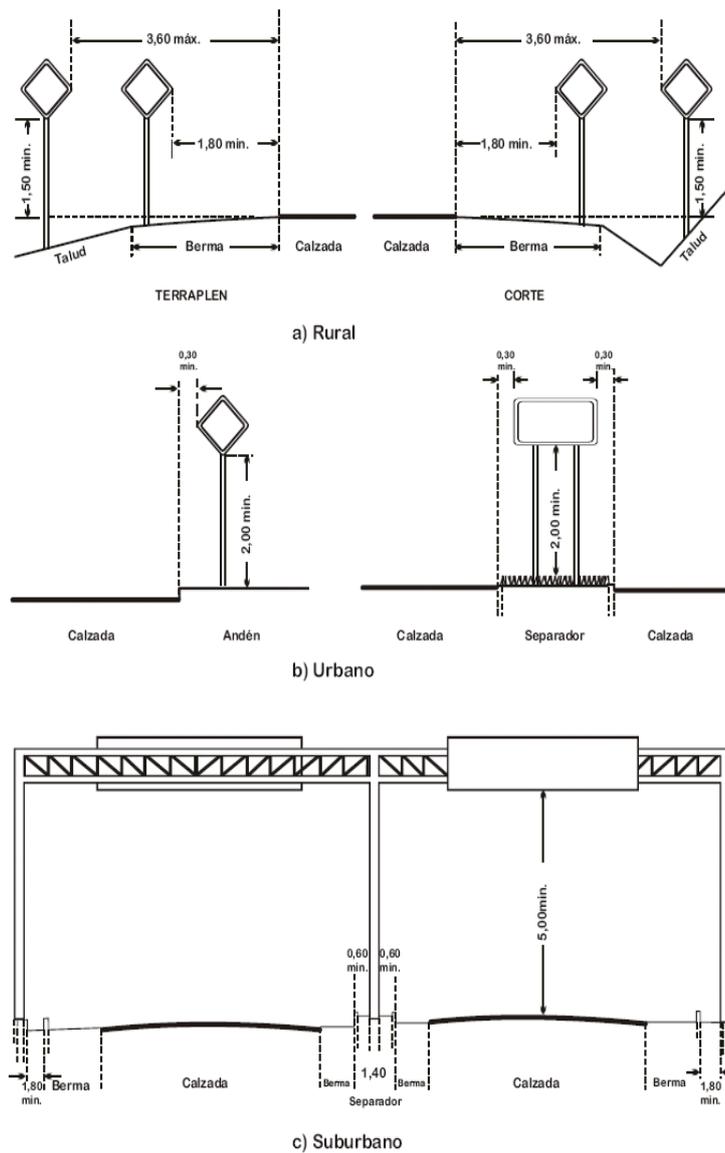


FIGURA 4.5.1: Señales verticales – ubicación

Ubicación longitudinal: En la sección correspondiente a cada una de las clases de señales verticales, se definen los criterios para la colocación de éstas a lo largo de la vía.

En condiciones especiales, en donde no exista la distancia suficiente que permita colocar dos señales verticales individuales separadas, se podrán adosar dos tableros de señales verticales en un solo poste. En este caso, la distancia mínima será el equivalente,

en metros (m), a la velocidad de operación de la vía en kilómetros por hora (km/h), por ejemplo: distancia 30 (m) Velocidad de operación 30 (km/h), distancia 80 (m) Velocidad de operación 80 (km/h).

Velocidad de operación de la vía en Km/h	Distancia mínima para la colocación de señales dobles, en m
30	30
40	40
50	50
60	60
80	80

TABLA 4.5.2: Distancia mínima para la colocación de señales dobles en función de la velocidad de operación de la vía

Altura: La altura de la señal medida, desde el extremo inferior del tablero hasta el nivel de la superficie de rodadura no debe ser menor de 1,80 m, para aquéllas que se instalen en el área rural.

En áreas urbanas, la altura de la señal medida desde su extremo inferior hasta la cota del borde del andén no debe ser menor de 2,0 m. Las señales elevadas se colocan sobre estructuras adecuadas en forma tal que presenten una altura libre mínima de 5,0 m., sobre el punto más alto de la rasante de la vía.

Tableros de las señales: Los tableros de las señales verticales serán elaborados en lámina de acero galvanizado, aluminio o poliéster reforzado con fibra de vidrio, de acuerdo con las especificaciones fijadas en el presente proyecto.

Los mensajes de las señales serán elaborados sobre láminas retrorreflectivas y adheridos a la lámina metálica cumpliendo con las especificaciones fijadas en el proyecto.

Las dimensiones de los tableros de las señales verticales son las indicadas en la tabla 4.5.3 Se escogerá el tamaño del tablero en función del tipo de infraestructura sobre la cual se instale.

Tipo de señal	Vías urbanas principales o de menor jerarquía y carreteras con ancho de coronas menor de 6 m	Vías urbanas de jerarquía superior a las principales y carreteras con ancho de corona entre 6 y 9 m	Autopistas y carreteras con ancho de corona entre 9 y 12 m	Carreteras con cuatro o más carriles con o sin separador
Preventivas	Cuadrado de 60 x 60 cm	Cuadrado de 75 x 75 cm	Cuadrado de 90 x 90 cm	Cuadrado de 120 x 120 cm
Preventiva SP-40	Rectángulo de 90 x 30 cm	Rectángulo de 120 x 40 cm	Rectángulo de 150 x 50 cm	Rectángulo de 180 x 60 cm
Reglamentarias	Círculo de 60 cm de diámetro	Círculo de 75 cm de diámetro	Círculo de 90 de diámetro	Círculo de 120 de diámetro
Reglamentaria SR-01	Octágono con altura de 60 cm	Octágono con altura de 75 cm	Octágono con altura de 90 cm	Octágono con altura de 120 cm
Reglamentaria SR-02	Triángulo equilátero 75 cm de lado	Triángulo equilátero 90 cm de lado	Triángulo equilátero 120 cm de lado	Triángulo equilátero 150 cm de lado
Informativas	Rectángulo de 50 x 60 cm	Rectángulo de 60 x 75 cm	Rectángulo de 72 x 90	Rectángulo de 100 x 120 cm
Informativas de identificación	Escudos de 60 cm de altura y 60 cm de ancho	Escudos de 75 cm de altura y 75 cm de ancho	Escudos de 90 cm de altura y 90 cm de ancho	Escudos de 120 cm de altura y 120 cm de ancho
Informativas de destino y de información en ruta	Rectángulo: ancho y altura dependen del texto	Rectángulo: ancho y altura dependen del texto	Rectángulo: ancho y altura dependen del texto	Rectángulo: ancho y altura dependen del texto
Informativas turísticas	Cuadrado de 60 cm de lado	Cuadrado de 75 cm de lado	Cuadrado de 90 cm de lado	Cuadrado de 120 cm de lado

TABLA 4.5.3: Dimensiones de los tableros de las señales verticales en (cm)

Estructuras de soporte de las señales: Los postes de las señales serán fabricados en ángulo de acero, también pueden ser fabricados en tubo galvanizado de 2” de diámetro y 2 mm de espesor. Las dimensiones de éstos, de acuerdo con los diferentes tipos de señales se indican en la tabla 4.5.4 y la figura 4.5.2.

TIPO DE SEÑAL	Dimensiones internas en soportes y tableros, de acuerdo con la figura 2.2											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
SP o SR	280,0	5,0	26,5	26,5	5,00	2,0	24,5	3,0	54,0	15,0		60,0
SI (gral. y serv.)	270,0	5,0	26,5	21,5	5,00	2,0	24,5	3,0	54,0	15,0	50,0	60,0
SI (ident. y turíst.)	270,0	5,0	26,5	26,5	5,00	2,0	24,5	3,0	54,0	15,0		60,0
Delineador	240,0	5,0	26,5	21,5	5,00	2,0	24,5	3,0	54,0	15,0	50,0	60,0
SP o SR	290,0	5,0	34,0	34,0	5,00	3,0	31,0	4,0	67,0	15,0		75,0
SI	275,0	5,0	34,0	26,5	5,00	3,0	31,0	4,0	67,0	15,0	60,0	75,0
SI (ident. y turíst.)	275,0	5,0	34,0	34,05	5,00	3,0	31,0	4,0	67,0	15,0		75,0
Delineador	245,0	5,0	34,0	26,5	5,00	3,0	31,0	4,0	67,0	15,0	60,0	75,0
SP o SR	300,0	5,0	41,5	41,5	5,00	4,0	37,5	5,0	80,0	15,0		90,0
SI	285,0	5,0	41,5	32,5	5,00	4,0	37,5	5,0	80,0	15,0	72,0	90,0
SI (ident. y turíst.)	285,0	5,0	41,5	41,5	5,00	4,0	3,75	5,0	80,0	15,0		90,0
Delineador	255,0	5,0	41,5	32,5	5,00	4,0	37,5	5,0	80,0	15,0	72,0	90,0
SP o SR	320,0	5,0	56,5	55,9	6,25	5,0	51,5	6,0	108,0	15,0		120,0
SI	300,0	5,0	56,5	45,9	6,25	5,0	51,5	6,0	108,0	15,0	100,0	120,0
SI (ident. y turíst.)	300,0	5,0	56,5	55,9	6,25	5,0	5,15	6,0	108,0	15,0		120,0
Delineador	270,0	5,0	56,5	45,9	6,25	5,0	51,5	6,0	108,0	15,0	100,0	120,0

TABLA 4.5.4. Dimensiones de los elementos que conforman el poste de soporte y los tableros de las señales verticales en (cm.)

Notas:

- 1.-El poste (a,c) y los brazos del soporte (d) no deberán tener traslapos ni añadiduras.
- 2.-Todo elemento soldado al poste, deberá estar apoyado en sus dos caras.
- 3.-En señales dobles se adosará en la parte superior del poste una cruceta, sin añadiduras, cuyo elemento vertical deberá tener una longitud que garantice una separación entre tableros de 5 cm.
- 4.-El calibre mínimo del ángulo correspondiente al elemento vertical del poste (letras a y c) será de ¼ de pulgada. Para los elementos horizontales (letras d y j) será de 1/8 de pulgada.
- 5.-En zona urbana la longitud correspondiente a la letra “a” será aumentada en 20 cm.

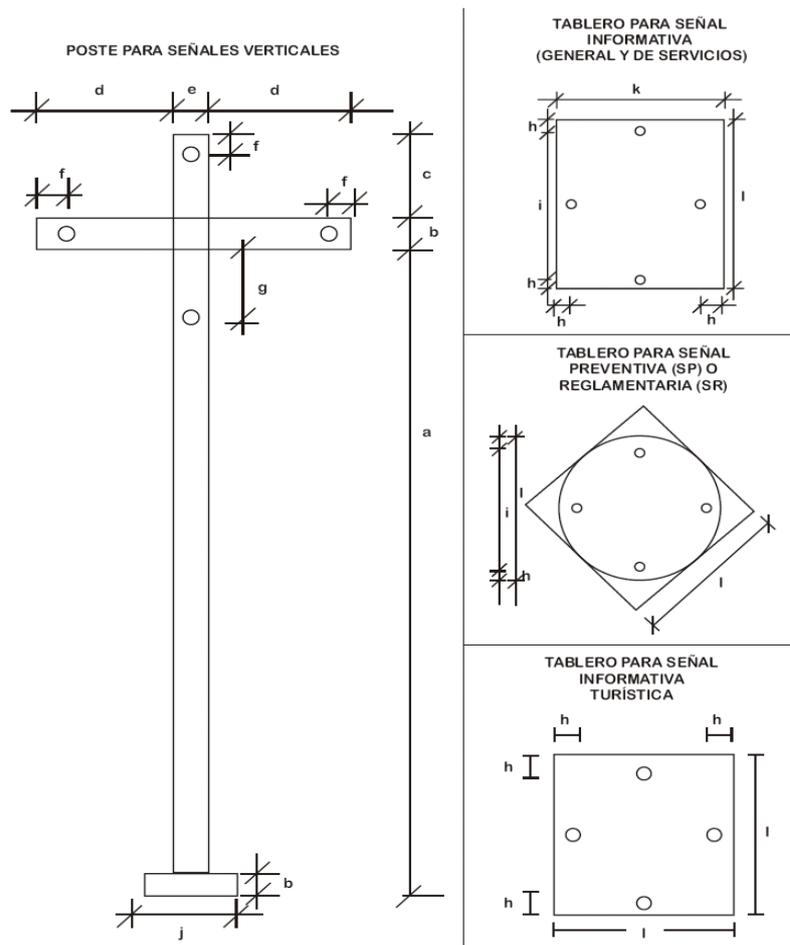


FIGURA 4.5.2: Dimensiones internas de postes y tableros

Señales Preventivas: Llamadas también de prevención, tienen por objeto advertir al usuario de la vía la existencia de una condición peligrosa y la naturaleza de ésta. Se utiliza el cuadrado con diagonal vertical rombo.

Los colores utilizados en estas señales son, en general, el amarillo para el fondo y el negro para orlas, símbolos, letras y/o números.

Deberán ser colocadas antes del riesgo a prevenir. En vías arterias urbanas, o de jerarquía inferior, se ubicarán a una distancia que podrá variar entre 60 y 80 m. Para el caso de vías rurales, o urbanas de jerarquía superior a las arterias, las señales preventivas

se colocarán de acuerdo con la velocidad de operación del sector, tabla 4.5.5

Velocidad de operación (Km/h)	Distancia (m)
40	50
60	90
80	120
100	150
Más de 100	No menos de 250

TABLA 4.5.5: Distancia para la ubicación de señales preventivas en vía rurales o en vías urbanas de jerarquía superior a las arterias

Ubicación de Sistemas de señalización Vertical en Vía de Proyecto:



Señal de “Velocidad Máxima (30Km/h)”,



Señal de “Reductor de Velocidad”



Señal de “Curva Pronunciada”

CAPÍTULO V

5. IMPACTO AMBIENTAL

5.1 INTRODUCCION

El Honorable Consejo Provincial del Guayas, tiene previsto el Proyecto: “Diseño de la carretera que parte de la vía interurbana Guayaquil salinas, km 52 (Cerecita) hasta los Recintos Tamarindo y La Bajada de Progreso ubicados en el cantón rural Juan Gómez Rendón (Progreso), provincia del Guayas; este proyecto se lo ha considerado como tema de Tesis de Grado y tendrá un Estudio de Impacto Ambiental cumpliendo con las normas vigentes, a fin de minimizar los impactos producto de su construcción y operación.

El Estudio de Impacto Ambiental especifica parámetros y recomendaciones de cómo dotarnos de infraestructuras que son necesarias para nuestro desarrollo, sin causar daños o Impactos Ambientales negativos al ecosistema que se encuentra dentro de la zona del proyecto.

Como objetivos principales del estudio ambiental tenemos los siguientes:

La evaluación de los impactos en las diferentes actividades que se desarrollan en la construcción y operación del proyecto y así mejorar el sistema de vida de las habitantes de los recintos Cerecita, Tamarindo y La Bajada de Progreso.

Realizar el diagnóstico ambiental de la zona de influencia y determinar sus condiciones ambientales y su relación con la operación del proyecto.

Evaluar la magnitud e importancia de cada uno de los impactos ambientales especialmente los impactos ambientales potenciales que podrían ocurrir como consecuencia de la construcción y operación del proyecto en la zona en estudio y recomendar las medidas correctoras adecuadas.

Formular el Plan de Manejo Ambiental para la construcción y operación del proyecto como herramienta que permita desarrollar sus actividades a través de un adecuado control de los efectos ambientales.

5.2 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

En el Marco Legal, la parte ambiental en la cual desarrollamos nuestro estudio del proyecto **“Estudio Preliminar y Diseño Vial Tramos Cerecita-Tamarindo abscisa “0+000-1+500 L= 1500 metros”, Tamarindo-La Bajada de Progreso abscisa “0+000-1+300 L= 1300 metros”; con Pavimento Flexible diseñada con el Método Marshall”**, tiene una serie de normas que están en vigencia a escala nacional, regional y local. Todo esto incluye reglamentos, leyes, las que serán analizadas a continuación.

A) *Constitución política de la República del Ecuador:*

La Constitución Política del Ecuador, publicada en el R. O. No. 1 del 11 de Agosto de 1998 contempla disposiciones del Estado sobre el tema ambiental e inicia el desarrollo del Derecho Constitucional Ambiental Ecuatoriano dentro de los artículos más importantes tenemos:

El artículo 86, Numeral 2.- “El estado protegerá el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza”.

El Artículo 87.- “La ley tipificará las infracciones y regulará los procedimientos para establecer las responsabilidades administrativas, civiles y penales que correspondan a las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, por acciones u omisiones en contra de las normas de protección al medio ambiente”.

El Artículo 88.- “Toda decisión estatal que pueda afectar al medio ambiente deberá contar previamente con los criterios de la comunidad, para lo cual ésta será debidamente informada. La ley garantiza su participación.”

El Artículo 89.- Determina que El Estado tomará medidas orientadas a la consecución de los siguientes objetivos:

Promover en el sector público y privado el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes.

Establecer estímulos tributarios para quienes realicen acciones ambientalmente sanas.

Regular, bajo estrictas normas de bioseguridad, la propagación en el medio ambiente, la experimentación, el uso, la comercialización y la importación de organismos genéticamente modificados".

Como se observa en los artículos antes descritos, la Constitución Política de la República del Ecuador, reconoce a las personas, el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación; declara de interés público la preservación del medio ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país: adicionalmente, la Constitución establece un sistema nacional de áreas naturales protegidas y de esta manera garantiza un desarrollo sustentable.

B) Ley de Gestión Ambiental:

Expedida el 30 de Julio de 1999, esta ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores públicos y privados en la gestión ambiental; y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

La ley determina que la autoridad ambiental nacional será ejercida por el Ministerio de Medio Ambiente, que deberá actuar como instancia rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental.

Además en el Capítulo 11, de la Evaluación de Impacto Ambiental y del Control Ambiental, se destaca los siguientes artículos:

Artículo 19.- “Las obras públicas privadas o mixtas y los proyectos de inversión públicos que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución por los organismos descentralizados de control, conforme al Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio será el precautelatorio”.

Artículo 20.- “Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva”.

Artículo 21.- “Los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base; evaluación del impacto ambiental; evaluación de riesgos; planes de manejo; planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono, una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos”.

Artículo 22.- “Los sistemas de manejo ambiental en los contratos que requieran estudios de impacto ambiental y las actividades para las que se hubiere otorgado licencia ambiental, podrán ser evaluados en cualquier momento, a solicitud del Ministerio del ramo o de las personas afectadas”.

Artículo 23.- La evaluación del Impacto Ambiental comprenderá: La estimación de los efectos a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la función de los ecosistemas presentes en el área. Las condiciones de tranquilidad, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental.

La incidencia que el proyecto, obra o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico, escénico y cultural.

C) *Ley de Caminos:*

Expedida en el Registro Oficial No. 285 del 7 de Julio de 1964 inicialmente no contemplaba ninguna disposición directa respecto al manejo adecuado del ambiente, por lo contrario sus artículos 37 y 42 alentaba a la eliminación de árboles que estuvieran en la zona del derecho de vía. Se citará los siguientes artículos:

Artículo 37.- “Prohíbese la conservación, en las inmediaciones de los caminos públicos, de construcciones, árboles, carteles que puedan afectar a la seguridad del tránsito o a la buena presentación del lugar”.

Una posterior reforma publicada en el Registro Oficial del 19 de Agosto de 1998, modifica sustancialmente el contenido del Artículo 37, que es aplicable para el proyecto.

“El Estado en general, el Ministerio de Obras Públicas, los consejos provinciales, los consejos municipales y contratistas, en los trabajos de mantenimiento y construcción que se realicen, deberán conservar y cuidar árboles, arbustos, plantas y cercos naturales que crezcan al borde del camino”.

“Cuando se trate de la construcción de una nueva carretera deberá realizarse un proyecto de Impacto Ambiental”.

Artículo 3.- (Derecho de vía) “Establece el derecho de vía, que consiste en la facultad de ocupar, en cualquier tiempo el terreno necesario para la construcción, conservación, ensanchamiento, mejoramiento o rectificación de caminos. En el acuerdo de aprobación del proyecto de una obra vial se determinará el derecho de vía correspondiente”.

Artículo 12.- (Indemnizaciones) Se establecen los criterios para ejecutar la forma de indemnización a los afectados por la construcción de una carretera.

Artículo 4.- (Reglamento Aplicativo a la Ley de Caminos) “De manera general, el derecho de vía se extenderá a veinticinco metros, medidos desde el eje de la vía hacia cada uno de los costados, distancia a partir de la cual podrá levantarse únicamente el cerramiento; debido, para la construcción de vivienda, observarse un retiro adicional de cinco metros.”

D) Ley de Régimen Municipal:

La ley de Régimen Municipal que define como autónomas a las corporaciones edilicias y le designa entre sus responsabilidades las de prever, dirigir, ordenar y estimular el desenvolvimiento del cantón en los órdenes social, económico, físico y administrativo. También tiene por obligación elaborar programas y proyectos específicos a realizarse en el cantón (Sección 2.a, Párrafo 1º).

Las funciones del Municipio de Guayaquil en principio, respecto a aspectos ambientales y ecológicos, se hallan relacionadas a:

Estudios medioambientales dentro de los Planes de Desarrollo Urbano, Artículo 214 de la Ley de Régimen Municipal.

Las referidas a la protección de salud y al saneamiento ambiental, Artículo 164 de la misma Ley.

Las disposiciones de la Ley de Régimen Municipal en el primer aspecto, determinan que el Municipio debe “Coordinar sus Actividades” con otros entes dentro del marco de referencia representado por las orientaciones emanadas de los planes nacionales y regionales de desarrollo que adopte el Estado, Artículo 16 Ley de Régimen Municipal.

Los artículos del Capítulo 1 de la Ley de Régimen Municipal, siguientes, se refieren:

Artículo 212 literal d.- Análisis de estructuras físicas fundamentales: morfología, geología, naturaleza de los suelos; climatología, flora, fauna terrestre y acuática.

Artículo 215.- Ordenanzas y reglamentaciones sobre el uso del suelo, condiciones de seguridad, materiales, condiciones sanitarias y de otras de naturaleza similar.

Artículo 216.- Podrá contemplar estudios parciales para la conservación y ordenamiento de ciudades o zonas de ciudad de gran valor artístico e histórico o protección del paisaje urbano.

Artículo 164.- Tiene relación con la salud y el saneamiento ambiental, ámbito dentro del cual el Municipio debe coordinar su actividad con otros entes públicos competentes, con los que actúa en forma compartida o excluyente, y en muchos de los casos subordinados a dichos organismos. Así, el Artículo 164 establece:

Literal a, Inciso 1.- En materia de higiene y asistencia, la municipalidad coordinará su acción con la autoridad de salud, de

acuerdo a lo dispuesto en el Título XIV del Código de la materia; y al efecto le compete.

Literal j: Velar por el fiel cumplimiento de las normas legales sobre saneamiento ambiental y especialmente de las que tienen relación con ruidos, olores desagradables, humo, gases tóxicos, polvo atmosférico, emanaciones y demás factores que puedan afectar la salud y bienestar de la población.

E) Ley de Minería:

La Ley de Minería, publicada en el R. O. No. 695 del 31 de Mayo de 1991, en su Capítulo II “De la Preservación del Medio Ambiente”, tiene disposiciones de carácter ambiental desde los Artículos 79 hasta el 87, sobre aspectos como:

Obligatoriedad de la presentación de Estudios de Impacto Ambiental.
Diseño y formulación del Plan de Manejo Ambiental.

Tratamiento de aguas; reforestación; acumulación de residuos; conservación de flora y fauna.

Manejo de desechos; protección del ecosistema, limitaciones de realizar explotaciones mineras dentro de los límites del Patrimonio Forestal del Estado y áreas protegidas.

La ley de minería es considerada un instrumento eminentemente proteccionista del medio ambiente y del manejo adecuado de los recursos naturales. Además guarda concordancia con la Ley de Régimen Municipal al reconocer competencias a las Municipalidades en la autorización en determinadas actuaciones en materia de explotación de canteras.

El Capítulo II “De los Materiales de Construcción”, establece lo siguiente:

Artículo 148, Inciso 3.- “La Municipalidad (Guayaquil) otorgarán las autorizaciones para la explotación de ripio y arena”.

Artículo 274.- “Los ríos y sus playas, las quebradas, sus lechos y taludes pueden ser usados por los vecinos de conformidad con las respectivas ordenanzas y reglamentos; pero la explotación de piedras, arena y otras materiales sólo podrán hacerse con el expreso consentimiento del Consejo”.

Estas disposiciones serán aplicadas para la explotación de minas y/o canteras que serán empleadas para la construcción de los carreteros vecinales Cerecita-Tamarindo, Tamarindo-La Bajada de Progreso.

F) Código de Salud:

El Código de Salud que entró en vigencia mediante la promulgación del Decreto Supremo No. 188, R. O. No. 158 del 8 de Febrero de 1971, rige de manera específica y prevalente sobre las demás leyes en materia de salud individual y colectiva, y en todo lo que diga relación a las acciones sobre saneamiento ambiental.

El Código de Salud, en su Libro II, De las Acciones en el Campo de Protección de la Salud; Título I, Del Saneamiento Ambiental; Capítulo I, Disposiciones Generales; Artículos 8, 9 y 12, que hacen relación al saneamiento ambiental y las atribuciones del Ministerio de Salud.

Artículo 12.- “Los reglamentos y disposiciones sobre molestias públicas, tales como, ruidos, olores desagradables, humos, gases, gases tóxicos polvo atmosférico, emanaciones y otras, serán

establecidas por la autoridad de salud”.

Artículo 204.- “La autoridad de salud puede delegar a las municipalidades la ejecución de las actividades que se prescriben en este Código.”

G) *Ley de Conservación de Patrimonio Histórico y Cultural:*

Esta ley que regula la protección de sitios históricos, arqueológicos y culturales, que podrían ser afectados por proyectos de desarrollo o de servicios de infraestructura básica.

El Instituto del Patrimonio Histórico y Cultural es el organismo encargado del cumplimiento de las normas legales incluidas en la ley pertinente.

H) *Reglamento General del Seguro de Riesgos de Trabajo:*

La Resolución No. 741 del Consejo Superior del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social del 30 de Marzo de 1990, que expide el “Reglamento General del seguro de Riesgos de Trabajo”, publicada en el R. O. No. 579, del 10 de Diciembre de 1990. Aplicable para las personas que trabajen en el proceso de operación y explotación de las minas.

5.3.1 Especificaciones Ambientales del MOP

En lo que refiere a la construcción y funcionamiento de campamentos, bodegas y talleres de obra.

201 – 01 Descripción.- Son construcciones provisionales y obras anexas que el Contratista debe realizar con el fin de proporcionar alojamiento y comodidad para el desarrollo de las actividades de trabajo del personal

técnico, administrativo (del Contratista y de la Fiscalización) y de obreros en general.

Este trabajo comprenderá la construcción y equipamiento o amoblamiento de campamentos incluyendo oficinas, talleres, bodegas, puestos de primeros auxilios, comedores y viviendas para personal del Contratista, de acuerdo a los planos por él presentados y aprobados por el Fiscalizador. También incluirá la construcción o suministro de edificaciones de oficinas, comedores y viviendas de uso del personal de fiscalización, de acuerdo a los requisitos de las especificaciones especiales y los planos suministrados por el Contratante. Deberá incluirse el suministro de muebles y enseres de oficinas y viviendas, cuando los documentos contractuales así lo indiquen. En caso de ser requerida la provisión de edificaciones para laboratorios y balanzas para el pesaje de materiales, se la efectuará de acuerdo a lo estipulado en el numeral 103-3.07 de la Especificaciones MOP-001-F - 2000.

Con lo referente al Control del Polvo.

205 – 01 Descripción.- Este trabajo consistirá en la aplicación, según las órdenes del Fiscalizador, de un paliativo para controlar el polvo que se produzca, como consecuencia de la construcción de la obra o del tráfico público que transita por el proyecto, los desvíos y los accesos.

El control de polvo se lo hará mediante el empleo de agua o estabilizantes químicos tales como los agentes humidificadores, sales higroscópicas y agentes creadores de costra superficial como el cloruro sódico y el cloruro cálcico. El material empleado, los lugares tratados y la frecuencia de aplicación deberán ser aprobados por el Fiscalizador.

En lo que refiere a la recuperación y acopio de la capa vegetal.

208 – 01 Descripción.- Se entenderá por recuperación de la capa vegetal a las actividades tendientes a la remoción de las capas superficiales de terreno natural, cuyo material no sea aprovechable para la construcción, que se encuentran localizados sobre los sitios donde se implantarán obras conexas con la obra vial como campamentos, patios de maquinarias, bodegas, bancos de préstamos, etc. y que una vez terminada la obra vial deberán ser restaurados.

El acopio se refiere a la acumulación y mantenimiento en buenas condiciones de la capa vegetal levantada, para su posterior uso sobre las áreas ocupadas.

En lo que refiere al patio de mantenimiento de equipos y maquinarias.

209 – 01 Descripción.- El patio de mantenimiento de equipos y maquinaria necesario para la ejecución de labores del Contratista debe disponer de ciertas condiciones mínimas de prevención y control de contaminantes, pues en esa área se trabaja con aceite, grasas, gasolinas, etc. que podrían afectar directamente a la salud, suelo y aguas superficiales y subterráneas.

La sección 213 describe la seguridad industrial y salud ocupacional.

213 – 01 Descripción.- La seguridad industrial es el conjunto de normas de prevención y control que el Contratista debe implementar en cada uno de sus frentes de trabajo e instalaciones a fin de evitar la ocurrencia riesgos y accidentes de trabajo. La salud ocupacional, previene la generación de enfermedades profesionales, consideradas graves y que son resultado de efectuar labores en un ambiente de trabajo inadecuado.

La sección 214 describe la prevención y control de la contaminación del suelo.

214 – 01 Descripción.- Al ocupar áreas en las que el suelo se encontraba en su estado natural, es importante que se tomen medidas de prevención y control a fin de evitar su deterioro y contaminación.

En la sección 215 describe la prevención y control de la contaminación del agua.

215 – 01 Descripción.- El agua es uno de los recursos naturales más abundante y constituye el medio básico de todos los procesos de vida. Por ello, debe considerarse todo tipo de medidas a fin de prevenir y controlar cualquier tipo de contaminación hacia aguas superficiales y subterráneas.

En la sección 216 describe la prevención y control de la contaminación del aire.

216 – 01 Descripción.- Esta sección pretende dar las pautas generales para prevenir y controlar los impactos ambientales negativos que se generan por efecto de las emisiones de gases contaminantes que salen de vehículos, transporte pesado, maquinaria y otros, necesarios para ejecutar la obra vial.

En la sección 218 describe la conservación de la flora y fauna nativas.

218 – 01 Descripción.- Un manejo racional de la vegetación y fauna nativas que se encuentren en la zona de la obra dará como resultado la conservación del patrimonio natural; además, el disponer de una educación y conciencia ambiental por parte de cada uno de los obreros que laboran en la obra, permitirá lograr los objetivos que se pretende alcanzar con la aplicación de lo descrito en esta sección

En la sección 220 describe la educación y concientización ambiental

220 – 01 Descripción.- Esta sección conlleva la ejecución por parte del

Contratista de un conjunto de actividades cuya finalidad es la de fortalecer el conocimiento y respeto por el patrimonio natural y el involucramiento de los habitantes que serán beneficiados por la obra.

Estarán dirigidas hacia dos puntos focales de la obra:

- a) la población directamente involucrada con la obra y demás actores sociales que se localizan dentro del área de influencia; y
- b) el personal técnico y obrero que está en contacto permanente con la obra y el ambiente.

Su proceso de ejecución debe iniciar 15 días antes del arranque de las obras y ser continuo hasta la finalización de la construcción.

MARCO INSTITUCIONAL: De acuerdo a las leyes vigentes, las instituciones que tendrían facultad legal para intervenir en el proyecto de construcción de la carretera Cerecita-Tamarindo, Tamarindo-La Bajada de Progreso son las siguientes:

La subsecretaría de Ambiente, para la aplicación de la Ley de Gestión Ambiental y la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

La Dirección Provincial de Salud del Guayas, por intermedio del Departamento de Saneamiento Ambiental de la Dirección de Salud, para el control de calidad del agua, aire, la salud y la seguridad de los habitantes y trabajadores.

La Dirección de Tránsito del Guayas para la ejecución de la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre en lo referente a la contaminación del aire y ruido por automotores, en la etapa de operación y para controlar las interferencias de tráfico durante la construcción.

La Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, para aplicar las ordenanzas que están vigentes, respecto a la explotación de minas y canteras, además de otros temas aplicables a la ejecución de la carretera.

5.3 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

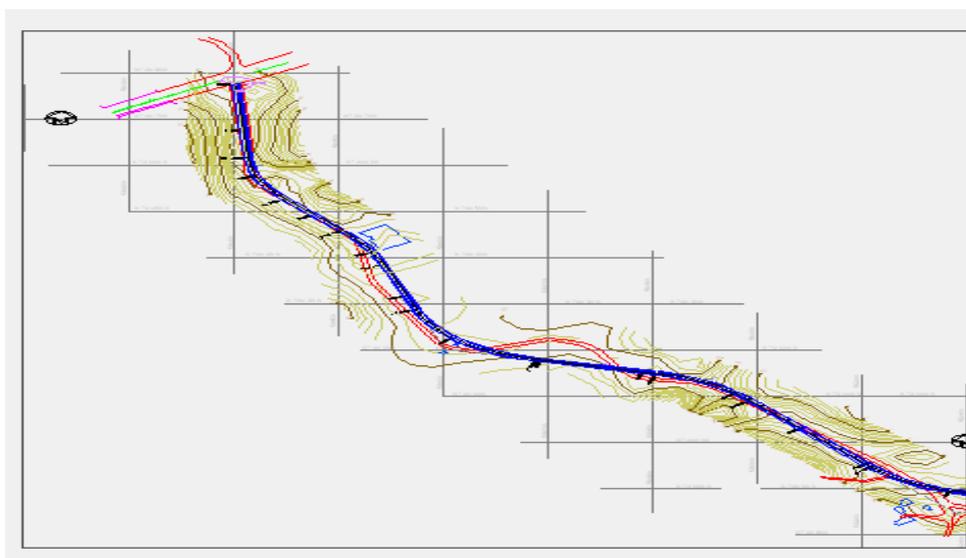
5.3.1 Área de Influencia Directa

Para determinar el área de influencia directa se eligió las recomendaciones del Ministerio de Obras Públicas (MOP), que indican lo siguiente:

50 metros a cada lado del eje de vía, (50 metros hacia la izquierda y 50 metros a la derecha) y la longitud total del proyecto. Por lo tanto tenemos para la carretera a diseñarse tendremos lo siguiente:

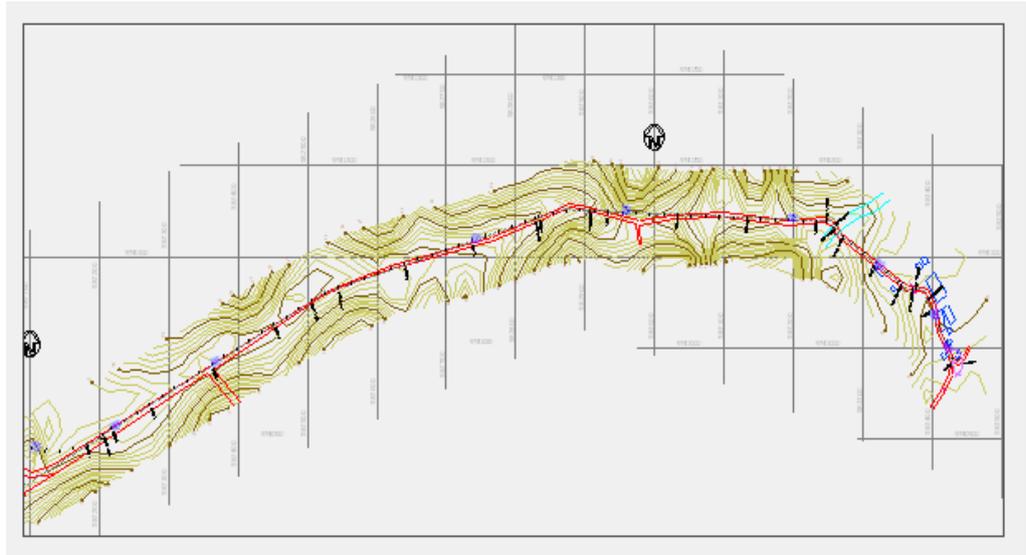
Área #1: Desde la vía Interurbana Guayaquil – Salinas (Cerecita, Km 52) hasta el Recinto Tamarindo.

$$Area_1 = 1.4Km * 100m * \frac{1Km}{1000m} = 0.14Km^2$$



Área #2: desde el Recinto Tamarindo hasta el Recinto La Bajada de Progreso.

$$Area_2 = 1.38Km * 100m * \frac{1Km}{1000m} = 0.138Km^2$$



$$Area_{Total} = Area_1 + Area_2$$

$$Area_{Total} = 0.14Km^2 + 0.138Km^2 = 0.278Km^2$$

En esta área que es de 0.278 Km². se debe tomar especial precaución ambiental para no afectar a los habitantes, plantaciones, animales y cursos de agua, etc.

5.3.2 Área de Influencia Indirecta

Las áreas que reciben impactos significativos debido a los procesos constructivos y operativos del proyecto, se denomina área de influencia indirecta.

Para efecto de precautelar la salud de las personas, la flora y fauna circundante a la vía a proyectarse, se tomó asumió una mayor distancia del eje que es de 1 km. a cada lado del eje de la vía y la extensión longitudinal del proyecto, lo que abarca una superficie total de 5.56 Km², que servirá para proteger las zonas de vida y el ecosistema natural dentro de esta área.

5.4 LÍNEA BASE AMBIENTAL

5.4.1 Medio Físico

Los Recintos Tamarindo y La Bajada de Progreso son pertenecen a la Parroquia Rural Juan Gómez Rendón (Progreso), del Cantón Guayaquil, Provincia del Guayas. Por su ubicación geográfica posee un clima tropical templado debido a existen algunos factores que modelan la temperatura del Ecuador y de los países del área sudamericana del Pacífico, son fenómenos como el desplazamiento meridional de la Zona de Convergencia Intertropical, el efecto del enfriamiento de la corriente de Humbolt, la influencia de la Corriente Cálida Ecuatorial opuesta a la anterior y últimamente el Fenómeno conocido como de El Niño, cuyo impacto es muy conocido. Consideramos además las variables climatológicas o meteorológicas que lo determinan, las que mencionamos a continuación:

Precipitaciones: Se ha tomado como referencia para el estudio la estación San Isidro siendo la más cercana al sitio del proyecto (Progreso).

Se registran datos desde el año 1965 hasta el año 2004, donde en el año de 1983 se registra la máxima precipitación de 148 mm.

Las lluvias por lo general inician regularmente por el mes de diciembre o enero hasta abril con un promedio anuales desde 60.7 mm., siendo febrero y marzo los meses más lluvioso.

La estación seca inicia desde el mes de mayo hasta noviembre extendiéndose en algunos casos hasta diciembre.

Temperatura: La temperatura se manifiesta según los cambios de las condiciones climáticas. Durante los meses de “invierno” la temperatura es mayor que los meses de verano.

Se presenta temperaturas máximas de 35.5° C en los meses de Enero hasta Abril y mínima de 20° C en los meses de Junio hasta Agosto, con una temperatura media anual de 27.75°C. (Fuente Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI).

Geología de la Zona y suelos: De acuerdo al estudio realizado en el mapa geológico del Ecuador del sector Chongón (hoja 16) edición 1975. La mayor parte de la zona está cubierta por vegetación tropical. La historia geológica de esta zona de la vía en estudio se inicia en la miocena litología sedimentaria y arcillas aluviales areniscas, medio ambiente litoral maritico.

En el área correspondiente a la Cuenca de Progreso la formación sufrió erosión hasta el Eoceno Medio, en el cual se hallan depósitos de la formación San Eduardo como producto de la trasgresión marina. Después se depositan las arcillas y areniscas del Grupo Ancón hasta el Eoceno Superior.

5.4.2 Medio Biótico

Zona de Vida: El asentamiento evolucionó a partir de la bifurcación de la vía Guayaquil-Salinas. La misma se desarrolló adscritas a las vías indicadas y escasamente fuera de ellas en las últimas tres décadas. Existen casas de caña, madera, hormigón y mixtas; donde su organización espacial es típica y tradicional costeña con apreciables cambios al utilizar nuevos y diferentes materiales de construcción. El carácter vernáculo ha ido desapareciendo paulatinamente y se observa la deficiencia tecno-constructiva y el progresivo deterioro de la edificación.

Flora: Existe una zona aislada de vegetación herbácea como pastizales y pajonales que ocupan extensiones regulares de terreno y son usados para alimentar al ganado.

De las observaciones obtenidas en las visitas al campo se puede observar que existen cultivos de banano, plátano, mango y maíz.

Fauna: La fauna en el sector es muy escasa por las pocas medidas que se aplican para proteger el medio ambiente y conservar los recursos naturales incluyendo la flora natural y la fauna. Debido a que existe un desequilibrio biológico que reflejan en la contaminación desagua y el medio ambiente, son pocas las especies de animales existentes en la zona.

Para su mejor apreciación de la fauna existente en la zona del proyecto se detalla en tabla 5.4.1.

GENERO	NOMBRE COMUN
Carnívoros	Perros
Galeiformes	Gallinas
Anseriformes	Patos de monte
Jabalí	Cerdo domestico
Bivinae	Ganado
Solípido	Caballo
Ardeidae	Garzas blancas
Cuculidae	Garrapateros
Hirundinidae	Golondrina
Accipitridae	Gallinazo

TABLA 5.4.1: Especies de fauna identificadas en el proyecto.

5.4.3 Medio Social y Cultural

Ubicación Geográfica: Los Recintos “Tamarindo” y “La Bajada de Progreso” pertenecen a la parroquia rural Juan Gómez Rendón (Progreso) del cantón Guayaquil, provincia del Guayas.

El proyecto consta de dos tramos de vía:

El primero que une la vía Interurbana Guayaquil – Salinas (Cerecita, Km 52) con el recinto “Tamarindo”.

El segundo que une el recinto Tamarindo con el recinto “La Bajada de Progreso”.

Los tramos del proyecto se encuentran ubicados entre las siguientes coordenadas geográficas:

Vía Interurbana Guayaquil – Salinas (Cerecita, Km 52):
 Coordenadas (DMS): Latitud 2° 21'0" S; Longitud 80°16'60" O,
 Coordenadas (UTM): X= 581403; Y= 9741776 Z= 31.991.

Recinto Tamarindo: Coordenadas (DMS): Latitud 2° 19'60" S; Longitud 80°16'0" O, Coordenadas (UTM): X= 582090; Y= 9740847 Z= 32.075.

Recinto La Bajada de Progreso: Coordenadas (DMS): Latitud 2° 21'0" S; Longitud 80°15'0" O, Coordenadas (UTM): X= 583432; Y= 9740976 Z= 29.331.

División Política: La Parroquia rural Juan Gómez Rendón (Progreso), perteneciente al cantón Guayaquil, provincia del Guayas, tiene una superficie aproximada de 31.453 HA. En las zonas aledañas a la vía en proyecto se encuentra varios recintos de los cuales damos a continuación:

Recinto Bajada de Progreso, recinto Caimito, recinto Cerecita, recinto Mamey, recinto Olmedo, recinto Tamarindo, recinto San Isidro.

5.5 COMPARACIONES AMBIENTALES DE LAS ALTERNATIVAS

En este subcapítulo se establecerá cuales son los impactos que afectarían el área de influencia, es necesario determinar las actividades del proyecto que afectarían a las componentes ambientales que experimentarán afectaciones durante el proceso de ejecución de las obras civiles requeridas, esto implica las etapas de construcción, operación y mantenimiento del proyecto sobre el medio inmediato, sobre todo en lo que tiene relación con los aspectos físicos y socio-económicos del sitio seleccionado, además se evaluará la interacción de cada actividad con los aspectos del medio ambiente, para ello se necesita desarrollar la evaluación de las alternativas con proyecto y sin proyecto.

NUMERO	COMPONENTES AMBIENTALES
1	Cubierta Vegetal
2	Calidad de Aire
3	Calidad de Suelo
4	Calidad de Agua Superficial y subterránea
5	Vista Panorámica y Paisajes
6	Zona Residencial
7	Zona Agrícola
8	Minas y Canteras
9	Red de Servicios
10	Patrones Culturales
11	Salud y Seguridad
12	Empleo
13	Creación de Comercio
14	Plusvalía de terreno

TABLA 5.5.1: Componentes Ambientales del Proyecto

NUMERO	ACTIVIDAD DEL PROYECTO
1	Emanaciones de polvo
2	Ruido e introducción de maquinaria
3	Emisión de contaminantes atmosféricos
4	Corte y Relleno
5	Limpieza y Desbroce
6	Campamento Provisional
7	Construcción de vía
8	Construcción de obras de drenaje
9	Señalización
10	Fallas de Funcionamiento

TABLA 5.5.2: Actividades del Proyecto

Una vez identificados los componentes ambientales y las actividades del proyecto se procede a elaborar la Matriz de Leopold para las alternativas con proyecto y sin proyecto, para posteriormente determinar la matriz diferencial. La matriz se diseña de modo que integre las actividades del proyecto en los componentes identificados. De esta manera se puede determinar cuáles son actividades que contribuyen a producir el impacto, y se podrá desarrollar un

Plan de Manejo Ambiental que ayudará modificarlas, si es posible, para neutralizar o minimizar el impacto.

El método consiste en elaborar una matriz de doble entrada (filas y columnas); en las filas se ubicaran las componentes ambientales que serán afectadas en la ejecución del proyecto y en las columnas están las actividades del proyecto.

Los criterios de evaluación de los componentes y actividades para este proyecto son los siguientes:

- Naturaleza del impacto puede ser:

Positivo o Beneficioso (+)

Negativo o Detrimento (-)

- Magnitud (Intensidad y Área):

Baja intensidad, el área afectada es inferior a 1 ha o no afecta significativamente la línea base. Puede ser:

Puntual (1),

Local (2),

Regional (3)

Moderada intensidad, el área afectada comprende entre 1 y 10 ha pero puede ser atenuada hasta niveles insignificantes.

Puntual (4),

Local (5),

Regional (6)

Alta intensidad, el área afectada por el impacto es mayor de 10 hectáreas.

Puntual (7),

Local (8),

Regional (9)

- Importancia (Grado de afectación):

Sin importancia: (0)

Menor importancia:

Bajo (1),

Medio (2),

Alto (3)

Moderada importancia:

Bajo (4),

Medio (5),

Alto (6),

Importante:

Bajo (7),

Medio (8),

Alto (9)

Los impactos ambientales se evaluarán a través de las relaciones causa-efecto, calificados con atributos, En donde 9 (nueve) representa la máxima importancia y 1 (uno) la mínima, para la importancia de la acción (grado de afectación) comparada con las otras acciones. Estos atributos se colocarán en la esquina inferior derecha de cada cuadro con barra de la matriz.

En la esquina superior izquierda, se ha calificado de 1 a 10 la magnitud (intensidad y área) del impacto precedido del signo + o - , según el impacto sea positivo o negativo (naturaleza del impacto).

En las celdas de estas matrices se ubicarán los valores que resulten de la multiplicación entre sí de los atributos de cada interacción seleccionada de los componentes ambientales y de las acciones del proyecto.

El resultado de la multiplicación de la magnitud por el peso relativo en cada variable de impacto (acciones) se suman, dando como resultado la suma de impactos negativos y positivos para cada acción. Además se cuenta el número de impactos positivos y negativos que origina cada acción.

Se obtiene un total de las sumas parciales de cada Acción y el número resultante refleja cómo la construcción de la vía afecta al medio ambiente, Si el número resultante es positivo será un indicativo de que el proyecto producirá mayor número de impactos positivos que negativos y desde el punto de vista ambiental es la que permitirá definir si el proyecto es factible o no.

5.6 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DE ALTERNATIVA SIN PROYECTO

En esta matriz se analizara todos los impactos producidos antes de la ejecución del proyecto de las cuales pueden ser Positivos o Negativos también es conocido como alternativa cero.

COMPONENTES AMBIENTALES	ACTIVIDAD DEL PROYECTO										AGREGACION DE IMPACTOS			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AFECCIONES POSITIVAS	AFECCIONES NEGATIVAS	AGREGACION DE IMPACTOS	
1 Cubierta Vegetal													0	
2 Calidad de Aire													0	
3 Calidad de Suelo													0	
4 Calidad de Agua Superficial y subterránea													0	
5 Vista Panorámica y Paisajes								1	2	-1	2	1	1	0
6 Zona Residencial														0
7 Zona Agrícola														0
8 Minas y Canteras														0
9 Red de Servicios								1	2	-3	2	1	1	-4
10 Patrones Culturales														0
11 Salud y Seguridad								4	5	-2	4	1	1	12
12 Empleo								3	2			1		6
13 Creación de Comercio								2	1			1		2
14 Plusvalía de terreno									-2		4			-8
AFECCIONES POSITIVAS								5						
AFECCIONES NEGATIVAS									3					
AGREGACION DE IMPACTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	32	-24				
Total Afectaciones											8			
Total Impactos												8		

La última columna de la matriz corresponde a la ponderación de las actividades del proyecto con los componentes ambientales, se considera que la Magnitud e Importancia son factores principales, por lo que se multiplica estos factores. En las columnas de afectaciones positivas y negativas se suma cuántas actividades inciden en el ambiente.

Después de desarrollar la matriz de Leopold se pudo determinar que la actividad que ocasiona una desmejora ambiental en la zona es Fallas de mantenimiento con un total de (-) 24 puntos. Mientras que la actividad Señalización aporta un beneficio cuantificado en (+) 32 puntos, lo cual provoca que el impacto ambiental que podrían ocasionar las actividades sin la ejecución del proyecto se estime en (+) 8 puntos.

5.7 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DE ALTERNATIVA CON PROYECTO

En esta matriz se analizara todos los impactos producidos durante la ejecución y funcionamiento del proyecto; los pueden ser Positivos o Negativos también es conocido como alternativa seleccionada.

COMPONENTES AMBIENTALES	ACTIVIDAD DEL PROYECTO										AFECTACIONES POSITIVAS		AFECTACIONES NEGATIVAS		AGREGACION DE IMPACTOS	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
1 Cubierta Vegetal	-1	2			-6	2								2	-14	
2 Calidad de Aire	-5	5		-5	5									2	-50	
3 Calidad de Suelo				-6	5			-4	5	-4	2			3	-58	
4 Calidad de Agua Superficial y subterránea															0	
5 Vista Panorámica y Paisajes											-2	3	-3	2	-15	
6 Zona Residencial															0	
7 Zona Agrícola				-3	1									1	-3	
8 Minas y Canteras				-3	1									1	-3	
9 Red de Servicios								5	6		4	2	-5	2	23	
10 Patrones Culturales				-1	2									1	-2	
11 Salud y Seguridad	-1	2									4	5	-4	1	10	
12 Empleo				3	2	3	2	3	4	6	5	4	5	3	2	
13 Creación de Comercio				2	1	2	1	2	1	5	1	2	1	2	1	
14 Plusvalía de terreno								6	5					1	30	
AFECTACIONES POSITIVAS				2	2	2	4	2	4					Total	Total	
AFECTACIONES NEGATIVAS	3	1	1	3	1		1	1	1	3				Afectaciones	Impactos	
AGREGACION DE IMPACTOS	-29	-2	-25	-28	-4	14	75	14	30	-32				31	13	

En esta alternativa se pudo determinar que las actividades que ocasiona desmejoras sobre los componentes ambientales en la zona son: Emanaciones de Polvo con (-) 29 puntos, Ruido e introducción de maquinarias con (-) 2 puntos, Emisiones de contaminantes atmosféricos (-) 25 puntos, Corte y Relleno con (-) 28 puntos, Limpieza y desbroce con (-)4, Fallas de mantenimiento con un total de (-) 32 puntos. Las siguientes actividades aportan un beneficio socioeconómico cuantificado en: Campamento provisional con (+) 14 puntos, Construcción de la vía con (+) 75, Construcción de obras de drenaje con (+) 14 y Señalización con (+) 30 puntos.

Como se puede observar en la matriz la ejecución del Proyecto genera impactos negativos cuantificados en (-) 2 puntos. Sin embargo la afectación no es muy significativa por lo que se podrán tomar acciones de remediación antes y después de la ejecución del proyecto.

De la matriz anterior podemos obtener el número de impactos positivos y negativos que afectarán la ejecución del proyecto.

IMPACTOS	NUMERO DE IMPACTOS
Impactos Negativos	13
Impactos Positivos	11
Total de Impactos	24

5.9 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El Plan de Manejo Ambiental (PMA), tiene como objetivo principal el cumplimiento de las medidas de conservación del medio ambiente, sin afectar el desarrollo del proyecto. El PMA se diseñó con base en la evaluación los potenciales impactos ambientales del Proyecto vial que une la carretera Interurbana Guayaquil-Salinas (Cerecita) con los recintos Tamarindo y La Bajada de Progreso; que será aplicado durante y después de las obras de construcción.

El Objetivo del PMA es presentar diferentes medidas para prevenir, eliminar, controlar y mitigar los impactos que afecten negativamente al ambiente, y además brindar apoyo a las áreas de interés humano y ecológico que se encuentren en las áreas de influencia del proyecto.

En el desarrollo de un PMA se puede considerar diferentes alternativas de mitigación de los potenciales impactos sobre el medio ambiente, como los siguientes:

Medidas de Prevención: Son medidas diseñadas para evitar, en medida de lo posible, o minimizar los daños ocasionados por el proyecto, antes de ocasionar daños sobre el medio afectado.

Medidas Compensatorias.- Son actividades que tienden a lograr el establecimiento de consensos entre los involucrados en la acción.

Medida de Corrección.- Son medidas que pretenden eliminar o mitigar los impactos negativos sobre el ambiente durante la pre-construcción, construcción, operación – mantenimiento y abandono de obras e instalaciones.

5.9.1 *Impactos Negativos esperados en la ejecución del Proyecto*

Los impactos generados en las fases de construcción y operación de la vía en su mayoría son debido a la escarificación y movimiento de tierra. A continuación se detallan las actividades con afectaciones negativas del proyecto:

Actividades con impactos negativos:

Emanaciones de polvo

Ruido e introducción de maquinaria

Emisiones de contaminantes atmosféricos

Corte y Relleno

Limpieza y desbroce

Fallas de funcionamiento

Impactos Negativos:

Alteración de cubierta vegetal

Alteración de calidad de aire

Alteración de calidad del suelo

Alteración de paisajes

Alteración zona agrícola

Alteración de canteras

Durante las fases diferentes fases del Proyecto vial, se ha determinado varios impactos negativos hacia el medio ambiente, para los cuales se debe establecer medidas de prevención, correctivas o compensatorias en esta parte del capítulo.

COMPONENTE AMBIENTAL POTENCIALMENTE AFECTADO	ACCIÓN DE MITIGACIÓN	RESPONSABILIDAD	ETAPA DE VERIFICACIÓN	PARÁMETROS DE MONITOREO
Cubierta vegetal	Almacenar la vegetación cortada y el suelo superficial, para ser usados durante las tareas de restauración.	<ul style="list-style-type: none"> • Contratistas • Fiscalizador • Director de Obras Municipales 	Construcción	Se realizarán desbroces en las áreas afectadas
	Se prohíbe la caza, pesca y captura de animales.	<ul style="list-style-type: none"> • Contratistas • Fiscalizador • Director de Obras Municipales 	Construcción y operación	Informes de incidentes
Calidad de suelo: controles de erosión y drenaje	Establecer un programa para el manejo de aguas lluvias en las áreas de construcción.		Construcción	Inspecciones
	En las áreas desbrozadas, separar y conservar el suelo superficial en el área de construcción para su uso en la vegetación natural.	<ul style="list-style-type: none"> • Contratistas • Fiscalizador 	Construcción y Operación	Inspecciones
Calidad de agua: Manejo de desechos	Se instalarán cabinas portátiles con drenaje de aguas negras a fosa séptica.	<ul style="list-style-type: none"> • Contratistas • Fiscalizador • Director de Obras Municipales 	Construcción	Inspecciones
	Las descargas líquidas: agua industrial y agua lluvia deberán cumplir los límites Establecidos en la Legislación Ambiental y de Descarga de Efluentes Ecuatoriana	<ul style="list-style-type: none"> • Contratistas • Fiscalizador • Director de Obras Municipales 	Construcción y Operación.	Legislación Ambiental y de Descarga de Efluentes Ecuatoriana
	Los desechos de la construcción, incluidos materiales de construcción excedentes, deben ser almacenados y dispuestos.	<ul style="list-style-type: none"> • Contratistas • Fiscalizador • Director de Obras Municipales 	Construcción	Legislación Ambiental y de Descarga de Efluentes Ecuatoriana
Calidad de aire	Realizar mantenimiento del equipo y maquinaria de la obra y vehículos usados en el proyecto a fin de minimizar las emisiones contaminantes al aire	<ul style="list-style-type: none"> • Contratistas • Fiscalizador 	Construcción y Operación.	Registro de mantenimiento
Ruido y vibraciones	Controlar el ruido ocasionado por los equipos de construcción.	<ul style="list-style-type: none"> • Contratistas • Fiscalizador 	Construcción y Operación.	Normas Ecuatorianas de de nivel de ruido
	Mantener los vehículos en óptimo funcionamiento, con chequeos y mantenimiento periódicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Contratistas • Fiscalizador 	Construcción y Operación.	Registro de mantenimiento

TABLA 5.9.1: Medidas de Mitigación y Prevención de Impactos Potenciales

5.9.2 Impactos Positivos esperados en la ejecución del Proyecto

Durante la ejecución del proyecto también se espera contribuir positivamente en el aspecto socio económico con las poblaciones vinculadas, de este modo se ha identificado varios impactos positivos:

Construcción de una nueva vía de acceso a las comunidades aledañas.

Construcción de obras de drenaje.

Señalización de la vía.

Incremento de la actividad comercial.

Creación de plazas temporales de trabajo.

Establecer nuevas redes de servicios.

Mejorar la seguridad de las comunidades.

Incrementar el valor de los terrenos y propiedades cercanos a la nueva vía

CAPÍTULO VI

6. PRESUPUESTO REFERENCIAL

- 6.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**
- 6.2 CUADRO DE CANTIDADES Y PRECIOS**
- 6.3 CRONOGRAMA**

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO:

1.01

UNIDAD:

M3

DESCRIPCION:

DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Tractor 120 hp	3.00	10.21	30.64	0.033	1.02
Herramientas Menores	1.00	2.50	2.50	0.033	0.08
SUBTOTAL M					1.10

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
SUBTOTAL N					-

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL O				-

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	1.10
Indirectos y Utilidades %	30.00%
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	1.43
Valor Ofertado	1.43

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO:

1.02

UNIDAD:

M2

DESCRIPCION:

TRAZADO Y REPLANTEO

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Equipo de Topografía	3.00	15.00	45.00	0.01	0.45
SUBTOTAL M					0.45

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Topografo 1	3.00	1.78	5.33	0.01	0.05
Peon Cat. I	6.00	1.78	10.65	0.01	0.11
SUBTOTAL N					0.16

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL O					-

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P					-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	0.61
Indirectos y Utilidades %	30.00% 0.18
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	0.79
Valor Ofertado	0.79

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 1.03 **UNIDAD:** 2
DESCRIPCION: CONSTRUCCIONES PROVISIONALES

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	1.00	2.50	2.50	0.05	0.13
SUBTOTAL M					0.13

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon Cat. I	1.00	1.78	1.78	0.05	0.09
SUBTOTAL N					0.09

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
pintura, clavos, brocha, etc.	Unidad	0.05	0.91	0.05
Hormigón premezclado fc=210 Kg/cm2	m3	5.00	82.41	412.05
Bloque Liviano 9 x 19 x 39	Unidad	0.08	0.18	0.01
Cuartones de Chanul	Unidad	0.20	4.20	0.84
Tabla de Encofrado	Unidad	0.50	2.00	1.00
Puerta de Laurel 2.0x0.60.	Unidad	0.02	11.20	0.22
Plancha de zinc 6" (Liviana)	Unidad	0.70	3.50	2.45
Ventana para Caseta de Obra	Unidad	0.04	12.22	0.49
Instalaciones Electricas	GLOBAL	1.00	52.90	52.90
Instalaciones Sanitarias	GLOBAL	1.00	25.80	25.80
SUBTOTAL O				495.81

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	496.03
Indirectos y Utilidades %	30.00% 148.81
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	644.84
Valor Ofertado	644.84

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 2.01 **UNIDAD:** M3
DESCRIPCION: EXCAVACION DE MATERIAL

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.05	2.50	0.13	0.13	0.02
Retroexcavadora de llanta	0.50	25.00	12.50	0.13	1.56
Bobcat	0.05	6.60	0.33	0.13	0.04
Volqueta	0.05	29.60	1.48	0.13	0.19
SUBTOTAL M					1.81

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	0.13	0.11
Ope. Retroexcavadora	1.00	2.03	2.03	0.13	0.25
Peon Cat. I	2.00	1.78	3.55	0.13	0.44
SUBTOTAL N					0.80

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL O				-

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	2.61
Indirectos y Utilidades % 30.00%	0.78
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	3.39
Valor Ofertado	3.39

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO:

2.02

UNIDAD:

M3

DESCRIPCION:

RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.05	2.50	0.13	0.17	0.02
Retroexcavadora de llanta	0.30	25.00	7.50	0.17	1.25
Bobcat	0.05	6.60	0.33	0.17	0.06
Volqueta	0.10	29.60	2.96	0.17	0.49
Rodillo uso vibratorio 8 TON	0.30	25.40	7.62	0.17	1.27
Tanquero	0.10	20.00	2.00	0.17	0.33
SUBTOTAL M					3.42

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	0.17	0.15
Peon Cat. I	2.00	1.78	3.55	0.17	0.59
SUBTOTAL N					0.74

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
Material de mejoramiento	m3	1.20	4.20	5.04
SUBTOTAL O				-

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	4.16
Indirectos y Utilidades %	30.00%
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	5.41
Valor Ofertado	5.41

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 2.03 **UNIDAD:** M3
DESCRIPCION: SUBBASE

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.10	2.50	0.26	0.25	0.07
Tanquero	0.10	20.00	2.00	0.25	0.50
Rodillo uso vibratorio 8 TON	0.30	25.40	7.62	0.25	1.91
Motoniveladora	0.30	7.68	2.30	0.25	0.58
SUBTOTAL M					3.06

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	0.25	0.23
Peon Cat. I	2.00	1.78	3.55	0.25	0.89
SUBTOTAL N					1.12

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
Material de Subbase Clase 3	m3	1.20	5.10	6.12
SUBTOTAL O				6.12

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)		10.30
Indirectos y Utilidades %	30.00%	3.09
Otros Indirectos %		-
Costo Total del Rubro		13.39
Valor Ofertado		13.39

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 2.04 **UNIDAD:** M3
DESCRIPCION: BASE

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.10	2.50	0.26	0.25	0.07
Tanquero	0.10	20.00	2.00	0.25	0.50
Rodillo uso vibratorio 8 TON	0.30	25.40	7.62	0.25	1.91
Motoniveladora	0.30	7.68	2.30	0.25	0.58
SUBTOTAL M					3.06

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	0.25	0.23
Peon Cat. I	2.00	1.78	3.55	0.25	0.89
SUBTOTAL N					1.12

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
Material de base clase 1 MOP	m3	1.20	5.60	6.72
SUBTOTAL O				6.72

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	10.90
Indirectos y Utilidades % 30.00%	3.27
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	14.17
Valor Ofertado	14.17

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 2.05 **UNIDAD:** M2
DESCRIPCION: IMPRIMACION ASFALTICA

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.10	2.50	0.26	0.20	0.06
SUBTOTAL M					0.06

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	0.20	0.18
Peon Cat. I	2.00	1.78	3.55	0.20	0.71
SUBTOTAL N					0.89

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
Imprimacion Asfaltica	m2	1.00	0.45	0.45
SUBTOTAL O				0.45

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	1.40
Indirectos y Utilidades % 30.00%	0.42
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	1.82
Valor Ofertado	1.82

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 2.06 **UNIDAD:** M2
DESCRIPCION: CAPA DE RODADURA (CARPETA ASFALTICA)

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.10	2.50	0.26	1.33	0.34
SUBTOTAL M					0.34

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	1.33	1.19
Peon Cat. I	2.00	1.78	3.55	1.33	4.73
SUBTOTAL N					5.92

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
Imprimacion Asfaltica	m2	1.00	0.45	0.45
Hormigon Asfaltico	m2	1.00	1.37	1.37
SUBTOTAL O				1.82

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	8.08
Indirectos y Utilidades % 30.00%	2.42
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	10.50
Valor Ofertado	10.50

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 2.07 **UNIDAD:** M3
DESCRIPCION: SOBRECARRERO DE MATERIAL

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
SUBTOTAL M					-

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
SUBTOTAL N					-

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL O				-

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
Transporte de Material	m3	1.00	0.27	0.27
SUBTOTAL P				0.27

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	0.27
Indirectos y Utilidades %	30.00%
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	0.35
Valor Ofertado	0.35

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 3.01 **UNIDAD:** M3
DESCRIPCION: EXCAVACION PARA CUNETETA

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.05	2.50	0.13	0.38	0.05
Retroexcavadora de llanta	0.50	25.00	12.50	0.38	4.69
Volqueta	0.05	29.60	1.48	0.38	0.56
SUBTOTAL M					5.30

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	0.38	0.33
Ope. Retroexcavadora	1.00	2.03	2.03	0.38	0.76
Peon Cat. I	2.00	1.78	3.55	0.38	1.33
SUBTOTAL N					2.42

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL O				-

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	7.72
Indirectos y Utilidades % 30.00%	2.32
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	10.04
Valor Ofertado	10.04

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 3.02 **UNIDAD:** ML
DESCRIPCION: CUNETAS DE HORMIGON SIMPLE DE F'C= 180 Kg/cm2

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.10	2.50	0.26	0.25	0.07
Vibrador	0.50	8.00	4.00	0.25	1.00
SUBTOTAL M					1.07

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	0.25	0.23
Peon Cat. I	3.00	1.78	5.33	0.25	1.33
SUBTOTAL N					1.56

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
pintura, clavos, brocha, etc.	Unidad	0.05	0.91	0.05
Hormigón premezclado fc=210 Kg/cm2	m3	0.15	82.41	12.36
Tabla de Encofrado	Unidad	0.10	2.00	0.20
Cuartones de Chanul	Unidad	0.20	4.20	0.84
SUBTOTAL O				13.45

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	16.08
Indirectos y Utilidades % 30.00%	4.82
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	20.90
Valor Ofertado	20.90

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 3.03 **UNIDAD:** ML
DESCRIPCION: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA DE HORMIGON ARMADO D=40"

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.05	2.50	0.13	0.50	0.06
Retroexcavadora de llanta	0.50	25.00	12.50	0.50	6.25
SUBTOTAL M					6.31

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	0.50	0.44
Ope. Retroexcavadora	0.50	2.03	1.02	0.50	0.51
Peon Cat. I	2.00	1.78	3.55	0.50	1.78
Topografo 1	1.00	1.78	1.78	0.50	0.89
SUBTOTAL N					3.62

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
Tub. de HA d=40" (1000 mm.)	ML	1.00	68.00	68.00
SUBTOTAL O				68.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	77.93
Indirectos y Utilidades % 30.00%	23.38
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	101.31
Valor Ofertado	101.31

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 2.01 **UNIDAD:** M3
DESCRIPCION: EXCAVACION DE MATERIAL

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.05	2.50	0.13	0.13	0.02
Retroexcavadora de llanta	0.50	25.00	12.50	0.13	1.56
Volqueta	0.05	29.60	1.48	0.13	0.19
SUBTOTAL M					1.77

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	0.13	0.11
Ope. Retroexcavadora	1.00	2.03	2.03	0.13	0.25
Peon Cat. I	2.00	1.78	3.55	0.13	0.44
SUBTOTAL N					0.80

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL O				-

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)		2.57
Indirectos y Utilidades %	30.00%	0.77
Otros Indirectos %		-
Costo Total del Rubro		3.34
Valor Ofertado		3.34

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO:

3.05

UNIDAD:

M3

DESCRIPCION:

RELLENO PARA ALCANTARILLADO

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.05	2.50	0.13	0.50	0.06
Retroexcavadora de llanta	0.30	25.00	7.50	0.50	3.75
Volqueta	0.10	29.60	2.96	0.50	1.48
Rodillo uso vibratorio 8 TON	0.30	25.40	7.62	0.50	3.81
SUBTOTAL M					9.10

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	0.50	0.45
Peon Cat. I	2.00	1.78	3.55	0.50	1.78
SUBTOTAL N					2.23

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
Material de mejoramiento	m3	1.20	4.20	5.04
SUBTOTAL O				-

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)		11.33
Indirectos y Utilidades %	30.00%	3.40
Otros Indirectos %		-
Costo Total del Rubro		14.73
Valor Ofertado		14.73

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 3.06 **UNIDAD:** M3
DESCRIPCION: CONSTRUCCION DE MURO DE ALA

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.10	2.50	0.26	0.29	0.08
Vibrador	0.50	8.00	4.00	0.29	1.15
SUBTOTAL M					1.23

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	0.29	0.26
Peon Cat. I	2.00	1.78	3.55	0.29	1.01
SUBTOTAL N					1.27

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
pintura, clavos, brocha, etc.	Unidad	0.05	0.91	0.05
Hormigón premezclado $f_c=210$ Kg/cm ²	m3	0.10	82.41	8.24
Tabla de Encofrado	Unidad	0.20	2.00	0.40
Cuartones de Chanul	Unidad	0.40	4.20	1.68
SUBTOTAL O				10.37

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	12.87
Indirectos y Utilidades % 30.00%	3.86
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	16.73
Valor Ofertado	16.73

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 4.01 **UNIDAD:** GLOBAL
DESCRIPCION: LETREROS DE SEÑALIZACION

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
SUBTOTAL M					-

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
SUBTOTAL N					-

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
Construccion e Instalacion Señalización/Reglamentacion(90X90)cms. CEDA EL PASO	Unidad	8.00	75.00	600.00
Construccion e Instalacion Señalización/Reglamentacion(80X80)cms. PARE	Unidad	14.00	65.00	910.00
Construccion e Instalacion Señalización/Reglamentacion(60X60)cms. LIMITE VELOCIDAD	Unidad	10.00	62.00	620.00
SUBTOTAL O				2,130.00

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	2,130.00
Indirectos y Utilidades % 30.00%	639.00
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	2,769.00
Valor Ofertado	2,769.00

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 4.03 **UNIDAD:** M2
DESCRIPCION: TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO (DOBLE RIEGO PARA ESPALDONES)

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.10	2.50	0.26	0.05	0.02
SUBTOTAL M					0.02

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon Cat. I	0.32	1.78	0.57	0.05	0.03
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	0.05	0.04
SUBTOTAL N					0.07

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
Latex popular (glidden)	GLN	0.05	5.14	0.26
SUBTOTAL O				0.26

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	0.35
Indirectos y Utilidades %	30.00%
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	0.46
Valor Ofertado	0.46

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO: 4.03 **UNIDAD:** M2
DESCRIPCION: TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO (DOBLE RIEGO PARA ESPALDONES)

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.10	2.50	0.26	0.33	0.09
Distribuidora de asfalto	1.00	30.00	30.00	0.33	10.00
Escoba Mecánica	0.10	10.08	1.01	0.33	0.34
SUBTOTAL M					10.43

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon Cat. I	4.00	1.78	7.10	0.33	2.37
Ayudante de Maquinaria	1.00	1.86	1.86	0.33	0.62
SUBTOTAL N					2.99

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
Piedra # 4	M3	0.05	5.56	0.28
SUBTOTAL O				0.28

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	13.70
Indirectos y Utilidades %	30.00%
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	17.81
Valor Ofertado	17.81

6,1 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA:

ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

RUBRO:

4.04

UNIDAD:

M3

DESCRIPCION:

CONSTRUCCION DE PROTECCION DE TALUD

EQUIPO

Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores	0.05	2.50	0.13	0.17	0.02
Retroexcavadora de llanta	0.30	25.00	7.50	0.17	1.25
Bobcat	0.05	6.60	0.33	0.17	0.06
Volqueta	0.10	29.60	2.96	0.17	0.49
Rodillo uso vibratorio 8 TON	0.30	25.40	7.62	0.17	1.27
SUBTOTAL M					3.09

MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra Cat.IV	0.50	1.78	0.89	0.17	0.15
Peon Cat. I	2.00	1.78	3.55	0.17	0.59
SUBTOTAL N					0.74

MATERIALES

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
Cascajo Grueso	m3	1.20	1.00	1.20
SUBTOTAL O				-

TRANSPORTE

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				-

Total Costo Directo X=(M+N+O+P)	3.83
Indirectos y Utilidades %	30.00% 1.15
Otros Indirectos %	-
Costo Total del Rubro	4.98
Valor Ofertado	4.98

6,2 CUADRO DE CANTIDADES Y PRECIOS

OBRA:

ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1.00	OBRAS PRELIMINARES				
1.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO	M3	5,340.00	1.43	7,636.20
1.02	TRAZADO Y REPLANTEO	M2	26,700.00	0.79	21,093.00
1.03	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	GLOBAL	2.00	644.84	1,289.68
SUBTOTAL A					30,018.88
2.00	EXCAVACION Y RELLENO				
2.01	EXCAVACION DE MATERIAL	M3	11,257.00	3.39	38,161.23
2.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	M3	9,373.00	5.41	50,707.93
2.03	SUBBASE	M3	8,544.00	13.39	114,404.16
2.04	BASE	M3	3,204.00	14.17	45,400.68
2.05	IMPRIMACION ASFALTICA	M2	21,360.00	1.82	38,875.20
2.06	CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO e=7.5 cm	M2	16,020.00	10.50	168,210.00
2.07	SOBREACARREO DE MATERIAL	M3	162.00	0.35	56.70
SUBTOTAL B					455,815.90
3.00	DRENAJE Y ALCANTARILLADO				
3.01	EXCAVACION PARA CUNETA	M3	866.28	10.04	8,697.45
3.02	CUNETAS DE HORMIGON SIMPLE DE F'C= 180 Kg/cm2	ML	3,470.00	20.90	72,523.00
3.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA DE HORMIGON ARMADO D=40"	ML	141.00	101.31	14,284.71
3.04	EXCAVACION PARA ALCANTARILLADO	M3	637.75	3.34	2,130.09
3.05	RELLENO PARA ALCANTARILLADO	M3	127.50	14.73	1,878.08
3.06	CONSTRUCCION DE MURO DE ALA	M3	25.00	16.73	418.25
SUBTOTAL C					99,931.58
4.00	SEÑALIZACION				
4.01	LETREROS DE SEÑALIZACION	GLOBAL	15.00	2,769.00	41,535.00
4.02	LINEAS SOBRE LA CAPA DE RODADURA	ML	8,010.00	0.46	3,684.60
4.03	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO (DOBLE RIEGO PARA ESPALDONES)	M2	5,340.00	17.81	95,105.40
4.04	CONSTRUCCION DE PROTECCION DE TALUD	M3	30.00	4.98	149.40
SUBTOTAL D					140,474.40
SUBTOTAL (A+B+C+D)					726,240.76
IVA 12%					87,148.89
TOTAL					813,389.65

6,3 CRONOGRAMA VALORADO

OBRA:

ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO DE LA VIA CON PAVIMENTO ASFALTICO (METODO MARSHALL)

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	TIEMPOS EN DIAS								
						30	60	90	120	150	180			
1.00	OBRAS PRELIMINARES													
1.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO	M3	5,340.00	1.43	7,636.20	2,670.00	2,670.00							
						3,818.10	3,818.10							
1.02	TRAZADO Y REPLANTEO	M2	26,700.00	0.79	21,093.00	6,675.00	6,675.00	13,350.00						
						5,273.25	5,273.25	10,546.50						
1.03	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	GLOBAL	2.00	644.84	1,289.68				1.00	1.00				
						644.84	644.84							
	SUBTOTAL A					30,018.88								
2.00	EXCAVACION Y RELLENO													
2.01	EXCAVACION DE MATERIAL	M3	11,257.00	3.39	38,161.23	2,814.25	2,814.25	2,814.25	2,814.25					
						9,540.31	9,540.31	9,540.31	9,540.31					
2.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	M3	9,373.00	5.41	50,707.93			2,343.25	2,343.25	2,343.25	2,343.25			
								12,676.98	12,676.98	12,676.98	12,676.98			
#IREFI	SUBBASE	M3	8,544.00	13.39	114,404.16			2,136.00	2,136.00		4,272.00			
								28,601.04	28,601.04	28,601.04	57,202.08			
#IREFI	BASE	M3	3,204.00	14.17	45,400.68			801.00	801.00		1,602.00			
								11,350.17	11,350.17	11,350.17	22,700.34			
2.06	IMPRIMACION ASFALTICA	M2	21,360.00	1.82	38,875.20				10,680.00	10,680.00				
									19,437.60	19,437.60				
2.07	CAPA DE RODADURA DE HORMIGON ASFALTICO e=7.5 cm	M2	16,020.00	10.50	168,210.00				8,010.00	8,010.00				
									84,105.00	84,105.00				
2.08	SOBREACARRO DE MATERIAL	M3	162.00	0.35	56.70				81.00	81.00				
									28.35	28.35				
	SUBTOTAL B					455,815.90								
3.00	DRENAJE Y ALCANTARILLADO													
3.01	EXCAVACION PARA CUNETETA	M3	866.28	10.04	8,697.45			216.57	216.57		433.14			
								2,174.36	2,174.36		4,348.73			
3.02	CUNETAS DE HORMIGON SIMPLE DE F'C= 180 Kg/cm2	ML	3,470.00	20.90	72,523.00				1,735.00	1,735.00	1,735.00			
									36,261.50	36,261.50				
3.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA DE HORMIGON ARMADO D=40"	ML	141.00	101.31	14,284.71				70.50	70.50				
									7,142.36	7,142.36				
3.04	EXCAVACION PARA ALCANTARILLADO	M3	637.75	3.34	2,130.09				318.88	318.88				
									1,065.04	1,065.04				
3.05	RELLENO PARA ALCANTARILLADO	M3	127.50	14.73	1,878.08						63.75	63.75		
											939.04	939.04		
3.06	CONSTRUCCION DE MURO DE ALA	M3	25.00	16.73	418.25						12.50	12.50		
											209.13	209.13		
	SUBTOTAL C					99,931.58								
4.00	SEÑALIZACION													
4.01	LETREROS DE SEÑALIZACION	GLOBAL	15.00	2,769.00	41,535.00							15.00		
												41,535.00		
4.02	LINEAS SOBRE LA CAPA DE RODADURA	ML	8,010.00	0.46	3,684.60						4,005.00	4,005.00		
											1,842.30	1,842.30		
4.03	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO (DOBLE RIEGO PARA ESPALDONES)	M2	5,340.00	17.81	95,105.40						2,670.00	2,670.00		
											47,552.70	47,552.70		
4.04	CONSTRUCCION DE PROTECCION DE TALUD	M3	30.00	4.98	149.40						15.00	15.00		
											74.70	74.70		
	SUBTOTAL D					140,474.40								
	SUBTOTAL (A+B+C+D+E)					726,240.76								
	INVERSION MENSUAL					60,811.50	31,953.48	74,889.36	212,382.71	295,585.84	92,152.86			
	AVANCE PARCIAL EN %					8.37%	4.40%	10.31%	29.24%	40.70%	12.69%			
	INVERSION ACUMULADA					60,811.50	92,764.98	167,654.34	380,037.05	675,622.89	767,775.75			
	AVANCE ACUMULADO EN %					8.37%	12.77%	23.09%	52.33%	93.03%	105.72%			
	IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (IVA) 12%					87,148.89	7,297.38	11,131.80	20,118.52	45,604.45	81,074.75	92,133.09		
	TOTAL					813,389.65	68,108.88	103,896.78	187,772.86	425,641.50	756,697.64	859,908.85		

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- La construcción de la carretera en este sector involucrará mejorar el sistema de vida de los habitantes de los recintos Cerecita, Tamarindo y La Bajada de Progreso
- Por medio de métodos topográficos (Taquimetría, nivelación y clinómetro), se realizó un correcto bosquejo del área donde se asentará la carretera a proyectarse; para posteriormente realizar un estudio preliminar del mismo.
- Las labores realizadas en campo y oficina son de vital importancia para el trazado de planos que servirán el desarrollo de las diferentes actividades que involucran el diseño definitivo de una vía.

- Los programas informáticos son de gran ayuda tanto para el trazado de planos como para cálculo de los diferentes componentes que intervienen en un diseño vial.
- Las especificadas señaladas por el MOP sirvieron como parámetros para el diseño eficiente de las Vía Cerecita-Tamarindo y Tamarindo-Bajada de Progreso.
- El Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) es uno de los factores importantes para la clasificación de una carretera, ya que después de obtener dicha clasificación; se pueden calcular otros parámetros para el diseño de carreteras como: Velocidades, Distancias de visibilidad, Radios mínimos, secciones típicas de la vía, etc.
- Los resultados de los estudios de suelos son de gran importancia decidir si el material cumple características para ser usado como subrasante del proyecto o deberá ser mejorado según las especificaciones requeridas.
- Por medio de los diagramas de masas se pudo representar en forma gráfica el volumen acumulado neto de material desde una estación inicial dada, con el fin de hacer compensaciones de corte y relleno en todo el trayecto del proyecto
- Para lograr un buen comportamiento del pavimento se deben considerar todos aquellos factores que intervienen en el diseño como: Calidad de materiales, el diseño y elaboración de las

mezclas asfálticas, la determinación del tipo de mezclas, Diseño del pavimento.

- Por medio del método de la AASHTO se realizó el correcto diseño de las capas que intervienen en un diseño de pavimento asfáltico. (Carpeta asfáltica = 7cm, Base = 15cm, Sub Base = 40cm).
- Para el diseño de la mezcla por medio del método Marshall se obtuvo el porcentaje óptimo de cemento asfáltico que corresponde a 6.35 % de la mezcla, y además se obtuvo la correcta dosificación de los agregados.
- Por medio de las especificaciones del MOP se determinó las áreas que reciben impactos ambientales significativos debidos a los procesos constructivos y operativos del proyecto.
- Por medio de la matriz de Leopold se realizó la evaluación de los impactos ambientales (positivos y negativos) que pueden producirse en el proyecto; con el fin de realizar un correcto Plan de Manejo Ambiental que sirva para el cumplimiento de conservación del medio.
- Con el presupuesto referencial se podrá tener una aproximación del valor que podrá tener la construcción de la vía que una la Carretera Guayaquil – Salinas Km. 52 (Cerecita) con los Recintos Cerecita y Bajada de Progreso.

7.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un recorrido previo del sector donde se realizará la construcción futura de la vía; con el fin de longitudes, orientaciones, altitudes, pendientes, puntos importantes, banco de materiales, posibilidad de drenaje y toda información adicional que permita evaluar y comparar las distintas alternativas de ruta.
- Para la determinación del tipo de carretera es importante conocer el tráfico actual (volúmenes y tipos de vehículos), en base a un aforo de tráfico (conteo de vehículos), los días más representativos durante las horas laborables considerando las de mayor demanda con el propósito de poder obtener datos reales.
- Para el diseño de carreteras y localización de la misma se debe obtener mapas a escalas, hojas topográficas, y localización de Hitos con cotas verdaderas, los que son proporcionados por el Instituto Geográfico Militar.
- La precisión es uno de los factores importantes para el correcto levantamiento topográfico del sector donde se construirá la vía.
- Al momento de realizar los pozos exploratorios (calicatas), obtener las muestras más representativas de las capas de los diferentes estratos encontrados que conforma el sub suelo. Estas muestras deben ser descritas a través de una tarjeta donde se consigna ubicación, número de muestra, estado de compacidad de los materiales, características de gradación, profundidad y colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio.

- El registro de las estaciones pluviométricas llevadas por el INAMHI, sirvieron para el diseño de cunetas y alcantarillas del proyecto.
- Al momento de realizar el alineamiento vertical tratar en lo posible
- Se recomienda que para los procesos de ejecución de la vía, se siga las instrucciones en la Especificaciones Constructivas para Caminos y Puentes del MOP.
- Al momento de la construcción de una carretera hay que tener en cuenta la calidad en la construcción (espesores, compactación, adherencia, uniformidad).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Publicación Técnica de la Cámara de la Construcción de Guayaquil.
- [2] Especificaciones Generales del MOP-001F-2000.

- [3] Manual y Diseño de Carreteras MOP 2000.
- [4] Mecánica de Suelos Práctica, Ing. Carmen Terreros V.
- [5] Mecánica de los Fluidos e Hidráulica, Schaum Tercera Edición.
- [6] Ph.D. David E. Matamoros C – Apuntes de Clases Ingeniería Sanitaria I – 2005.
- [7] Ing. Eduardo Santos Baquerizo – Apuntes de Clases de Topografía, Pavimentos y Carreteras.
- [8] Diplomado de Diseño Profesional de Pavimentos, Dr. Jorge Cepeda Aldape.
- [9] Curso internacional de diseño y control de calidad de pavimentos asfálticos, Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas.
- [10] <http://www.construaprende.com>
- [11] [http:// www.inamhi.gov.ec](http://www.inamhi.gov.ec)

ANEXOS

