

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

**Título del trabajo**

“Diseño de Bypass en el límite urbano del cantón Naranjito”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Civil**

Presentado por:

Steven Carangui Villa

Edder Saldarriaga Morocho

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2019

## DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado a mi familia que me marcó significativamente y fue el pilar fundamental de mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia por brindarme apoyo incondicional y enseñarme que todos los objetivos pueden ser alcanzados con esfuerzo y dedicación..

A los docentes que impartieron sus conocimientos a lo largo de la carrera.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Steeven Carangui Villa, Edder Saldarriaga Morocho* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOC realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Steeven Carangui Villa

Edder Saldarriaga  
Morocho

# EVALUADORES

**Ing. Miguel Ángel Chávez PhD.**

PROFESOR DE LA MATERIA

**Ing. Carola Gordillo Vera Msc.**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

La construcción de caminos vecinales es de vital importancia para cualquier sistema de transporte que provee de servicios a la población; debido a que facilitan la movilización de personas que viven en zonas cercanas y permiten el traslado de productos agrícolas y ganaderos a las diversas ciudades, garantizando de esta manera el desarrollo socioeconómico del sector, además de brindar un oportuno acceso a las necesidades básicas.

El cantón Naranjito, ubicado en la provincia del Guayas, tiene como principal actividad económica la producción de caña de azúcar, la cual es comercializada con los ingenios San Carlos y Valdez. El congestionamiento vehicular existente en la avenida Luis López, ubicada en el centro de la ciudad, es una causa de preocupación para las autoridades. Esta problemática se debe principalmente a la circulación de transporte pesado (buses y camiones de carga) por una vía que no posee las características para soportar este tipo de cargas vehiculares.

La vía denominada “Paso lateral Naranjito” ha sido empleada durante años para la circulación de pequeños camiones que transportan materia prima proveniente de los cañaverales que existen en el límite urbano del cantón. Este camino actualmente es de un solo carril y está conformado únicamente por material de sitio compactado.

El GAD de Naranjito, en su banco de proyectos dentro del plan de desarrollo sectorial, plantea el “Diseño de Bypass en el límite urbano del cantón Naranjito”, como alternativa de solución para desviar el transporte pesado que ocasiona embotellamientos en las calles del centro de la ciudad, al mismo tiempo que se facilita la comunicación con los cantones Marcelino Maridueña, Milagro y Bucay para efectos comerciales.

**Palabras Clave:** Naranjito, Bypass, Congestionamiento.

## **ABSTRACT**

*The construction of neighborhood roads is too important for any transportation system that provides services to the population; because they supply the mobilization of people who live in nearby areas and allow the transfer of agricultural and livestock products to the different cities, thus guaranteeing the socioeconomic development of the sector, as well as providing timely access to basic needs.*

*The Naranjito canton, located in the province of Guayas, it has as its main economic activity the production of sugarcane, which is marketed with the San Carlos and Valdez mills. The existing traffic congestion on Avenida Luis López, located at the center of the city, is a cause of concern for the authorities. This problem is mainly due to the circulation of heavy transport (buses and trucks) by a road that does not have the characteristics to support this type of vehicular loads.*

*The road called "Bypass Naranjito" has been used for years for the circulation of small trucks to transport raw material from the cane fields that exist in the urban limit of the canton. This road is currently a single lane and is composed only of compacted site material.*

*The GAD of Naranjito, in its bank of projects within the sector development plan, raises the "Design of Bypass in the urban limit of Naranjito canton ", as an alternative solution to divert heavy transport that causes traffic jams in the streets of the city center , at the same time that communication with the cantons Marcelino Maridueña, Milagro and Bucay is facilitated for commercial purposes.*

*Keywords: Naranjito, Bypass, Traffic.*

# ÍNDICE GENERAL

|   |     |
|---|-----|
| RESUMEN.....                              | I   |
| ABSTRACT.....                             | II  |
| ÍNDICE GENERAL.....                       | III |
| ABREVIATURAS .....                        | V   |
| SIMBOLOGÍA .....                          | VI  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                    | VII |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                    | IX  |
| ÍNDICE DE PLANOS .....                    | X   |
| CAPÍTULO 1 .....                          | 1   |
| 1.    Introducción.....                   | 1   |
| 1.1    Ubicación del proyecto.....        | 1   |
| 1.2    Descripción del problema. ....     | 2   |
| 1.3    Justificación del problema.....    | 2   |
| 1.4    Objetivos.....                     | 3   |
| 1.4.1    Objetivo General .....           | 3   |
| 1.4.2    Objetivos Específicos .....      | 3   |
| 1.5    Marco teórico .....                | 4   |
| 1.5.1    CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA ..... | 4   |
| 1.5.2    ELEMENTOS PARA EL DISEÑO .....   | 6   |
| 1.5.3    CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS.....   | 6   |
| 1.5.4    EL TRÁNSITO.....                 | 10  |
| 1.5.5    DISEÑO GEOMÉTRICO .....          | 12  |
| 1.5.6    PAVIMENTO .....                  | 17  |
| 1.5.7    SEÑALIZACIÓN.....                | 22  |
| 1.5.8    OBRAS DE DRENAJE .....           | 42  |



|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| 1.5.9           | ENSAYOS DE LABORATORIO .....             | 45 |
| CAPÍTULO 2      | .....                                    | 47 |
| 2.              | Metodología .....                        | 47 |
| 2.1             | Revisión documental y bibliográfica..... | 47 |
| 2.2             | Trabajo de Campo .....                   | 47 |
| 2.2.1           | Levantamiento topográfico. ....          | 47 |
| 2.2.2           | Toma de muestras para ensayos. ....      | 48 |
| 2.2.3           | Aforo vehicular. ....                    | 48 |
| 2.3             | Trabajo de laboratorio.....              | 48 |
| 2.3.1           | Granulometría .....                      | 49 |
| 2.3.2           | Límites de Atterberg.....                | 49 |
| 2.3.3           | Compactación (Proctor Modificado) .....  | 50 |
| 2.3.4           | California Bearing Ratio (CBR) .....     | 51 |
| 2.4             | Trabajo de oficina .....                 | 52 |
| 2.4.1           | Procesamiento de datos.....              | 52 |
| CAPÍTULO 3      | .....                                    | 71 |
| 3.              | Resultados Y ANÁLISIS.....               | 71 |
| CAPÍTULO 4      | .....                                    | 81 |
| 4.              | Conclusiones Y RECOMENDACIONES .....     | 81 |
| Conclusiones    | .....                                    | 81 |
| Recomendaciones | .....                                    | 82 |
| BIBLIOGRAFÍA    | .....                                    | 84 |
| 5.              | Referencias .....                        | 84 |
| ANEXOS          | .....                                    | 86 |

## **ABREVIATURAS**

|        |  |
|--------|--|
| ESPOL  | Escuela Superior Politécnica del Litoral                           |
| ASTM   | American Society for Testing and Materials                         |
| AASHTO | American Association of State Highway and Transportation Officials |
| PCA    | Portland Cement Association  |
| CBR    | California Bearing Ratio.  |
| MTOP   | Ministerio de Transporte y Obras Públicas                          |
| IBCH   | Instituto Bolivariano del Cemento y el Hormigón                    |
| INEN   | Instituto Ecuatoriano de Normalización                             |
| NEVI   | Normativa Ecuatoriana Vial   |

## SIMBOLOGÍA

|                |                     |
|----------------|---------------------|
| mil            | Milésima de pulgada |
| Kg             | Kilogramo           |
| m              | Metro               |
| Km             | Kilómetro           |
| h              | Hora                |
| m <sup>3</sup> | Metro cúbico        |
| m <sup>2</sup> | Metro cuadrado      |
| Ha             | Hectárea            |
| s              | Segundo             |
| g              | Gramo               |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.1 Ubicación geográfica del proyecto.....   | 1  |
| Figura 1.2. Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta.....  | 25 |
| Figura 1.3. Doble línea continua (línea de barrera).....  | 26 |
| Figura 1.4. Doble línea mixta: continua y segmentada. ....  | 26 |
| Figura 1.5. Líneas continuas de borde, con espaldón o berma. ....   | 27 |
| Figura 1.6. Líneas continuas de borde, sin espaldón o berma. ....   | 28 |
| Figura 1.7. Línea de pare en intersección con señal vertical de pare para vías bidireccionales. ....  | 29 |
| Figura 1.8. Línea de ceda el paso con señal vertical en vía bidireccional. ....   | 30 |
| Figura 1.9. Línea de detención con señal vertical de ceda el paso ....  | 31 |
| Figura 1.10. Requerimientos para implementar flechas en la calzada de una vía de dos carriles. ....   | 32 |
| Figura 1.11. Leyenda PARE. ....   | 33 |
| Figura 1.12. Señales preventivas.....   | 35 |
| Figura 1.13. Distancias para la ubicación de señales preventivas en vías rurales o en vías urbanas de jerarquía superior a las arterias. .... | 36 |
| Figura 1.14. Señales regulatorias. ....   | 36 |
| Figura 1.15. Señales de información. ....   | 38 |
| Figura 1.16. Señal de maquinarias en la vía.....  | 41 |
| Figura 1.17. Coeficientes de escorrentía por tipo de terreno. ....  | 44 |
| Figura 2.1. Aforo vehicular realizado y determinación del TPDA. ....  | 53 |
| Figura 2.2. Velocidades de diseño.....  | 54 |
| Figura 2.3. Relación entre velocidades de Circulación y Diseño. ....  | 55 |
| Figura 2.4. Radios mínimos de curvas horizontales. ....   | 56 |
| Figura 2.5. Longitud mínima de transición. ....   | 57 |
| Figura 2.6. Radios mínimos para evitar curvas de transición. ....   | 58 |
| Figura 2.7. Resumen de valores a adoptar para diseño. ....  | 59 |
| Figura 2.8. Anchos de calzada.....  | 60 |
| Figura 2.9. Ancho de espaldones. ....   | 61 |
| Figura 2.10. Gradiente transversal de espaldones. ....  | 62 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.11. Parámetros de diseño a tubería parcialmente llena..... | 70 |
| Figura 3.1. Aforo vehicular en Vía Bucay.....                       | 72 |
| Figura 3.2. Aforo vehicular en Vía Bucay adoptado para diseño. .... | 73 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1.1. Puntos de ubicación geográfica del proyecto.....                | 1  |
| Tabla 1.2. Clasificación de vías por el tránsito. Fuente: MTOP. ....       | 8  |
| Tabla 2.1 Ubicación de muestras a lo largo de la vía .....                 | 48 |
| Tabla 2.2. Masa y ubicación de muestras para ensayo de Granulometría. .... | 49 |
| Tabla 2.3. Área de aportación para cunetas. ....                           | 67 |
| Tabla 2.4. Área de aportación de zanjas existentes. ....                   | 68 |
| Tabla 3.1 - Resultados obtenidos en los diferentes ensayos .....           | 71 |
| Tabla 3.2 - Comparación datos obtenidos en laboratorio y datos MTOP.....   | 71 |
| Tabla 3.3 - Aforo vehicular en Vía Bucay.....                              | 72 |
| Tabla 3.4 - Aforo vehicular en Vía Bucay adoptado para el estudio. ....    | 73 |
| Tabla 3.5. Resumen de parámetros de diseño. ....                           | 74 |
| Tabla 3.6. Tabla de longitudes de curvas de diseño finales. ....           | 75 |
| Tabla 3.7 - Volumen de corte y relleno a realizar.....                     | 75 |
| Tabla 3.8 – Resumen del dimensionamiento de alcantarillas. ....            | 75 |
| Tabla 3.9 – Presupuesto de los bloques de rubros para el Pavimento. ....   | 76 |
| Tabla 3.10 – Presupuesto de los bloques de rubros para los Puentes. ....   | 77 |

## ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Curvas de nivel con estación total y perfil longitudinal 0+000 – 1+000
- PLANO 2 Curvas de nivel con estación total y perfil longitudinal 1+000 – 2+000
- PLANO 3 Curvas de nivel con estación total y perfil longitudinal 2+000 – 2+742

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Ubicación del proyecto.

El proyecto en estudio se encuentra ubicado en el límite urbano del cantón Naranjito como se muestra en la Tabla 1.1.

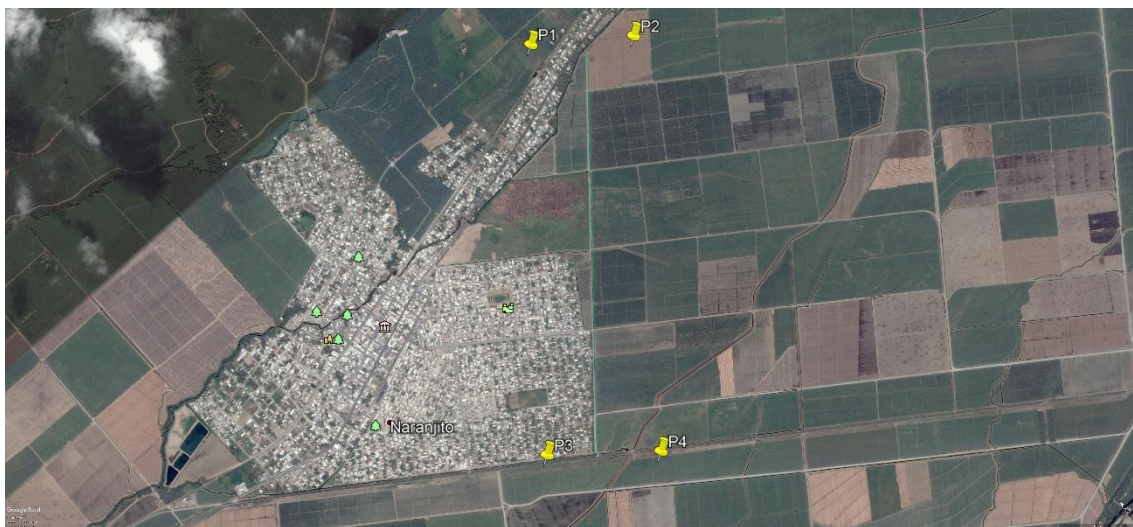
**Tabla 1.1. Puntos de ubicación geográfica del proyecto.**

| Shape | Este (X) | Norte (Y) | Altitud    |
|-------|----------|-----------|------------|
| P1    | 672769   | 9760925   | 33 m.s.n.m |
| P2    | 673313   | 9760518   | 35 m.s.n.m |
| P3    | 671043   | 9758846   | 31 m.s.n.m |
| P4    | 671622   | 9758367   | 36 m.s.n.m |

**Fuente: Google Earth.**

La vía seleccionada para realizar la propuesta de diseño vial tiene aproximadamente 3 Kilómetros de longitud.

**Figura 1.1 Ubicación geográfica del proyecto.**



**Fuente: Google Earth**



## **1.2 Descripción del problema.**

El presente proyecto busca promover el desarrollo económico del cantón Naranjito, así como de las zonas aledañas, fortaleciendo las rutas de conexión terrestres para facilitar la comercialización de productos y servicios e impulsar el crecimiento del sector agrícola y ganadero, beneficiando directa e indirectamente a la población del cantón.

Debido a que no existe una conexión directa entre la vía perimetral Naranjito - Marcelino Maridueña y la vía Naranjito - Bucay, las vías urbanas del cantón Naranjito se convierten en el único paso hacia Bucay y otros sectores de la región Costa y Sierra, por lo tanto, existe un aumento considerable en el flujo vehicular.

El congestionamiento vehicular existente en la avenida Luis López, debido a la circulación de transporte pesado es una problemática significativa para las autoridades del GAD municipal del cantón Naranjito. Como consecuencia del paso de tráfico pesado, las vías urbanas en la zona presentan un alto grado de deterioro, generándose fallas visibles en la calzada. Por otra parte, existe el riesgo inminente de siniestros entre vehículos a causa de características geométricas insuficientes para el paso de tráfico pesado.

Una de las alternativas de solución a la problemática es la construcción de una vía alterna para desviar el tráfico pesado que circula por el centro de la ciudad, de esta manera, se plantea el “Diseño de Bypass en el límite urbano del cantón Naranjito”. Esta carretera estará ubicada en la zona colindante con el ingenio San Carlos, en donde actualmente se encuentra ubicado un camino empleado para la salida de los camiones que transportan la carga proveniente de los cañaverales.

La construcción de la vía denominada “Bypass Naranjito” será capaz de proporcionar fluidez vehicular, además que facilitará la movilización de personas desde cantones cercanos, como son: Yaguachi, Milagro y Marcelino Maridueña hacia Bucay y otros sectores del territorio nacional.

## **1.3 Justificación del problema**

El presente estudio denominado “Diseño de Bypass en el límite urbano del cantón Naranjito” tiene como finalidad evitar el congestionamiento vehicular existente en el

centro de la ciudad, debido a que la circulación de transporte pesado por las principales calles está causando deterioro en la calzada de estas. Por lo tanto, aumenta la probabilidad de ocurrencia de accidentes de tránsito debido a las condiciones desfavorables que presentan las vías.

Los habitantes del cantón y las autoridades del GAD municipal indican que la avenida Luis López se vuelve intransitable durante las horas pico, entre las 6:00 y 8:00 am y las 16:00 y 18:00 pm, periodos que corresponden a las horas de más movilización del personal obrero y de la ciudadanía en general.

El proyecto servirá como solución vial a una población actual estimada de 38000 habitantes que se encuentran en el área de influencia tanto directa como indirecta del proyecto, sin embargo, considerando la tasa de crecimiento poblacional se estima que el total de beneficiados para el periodo de vida útil será de 40000 personas.

Finalmente, la construcción de la vía propuesta facilitará la movilización vehicular debido a las características de diseño adecuadas que posee, además, permitirá el aumento del costo real del suelo en las zonas colindantes como consecuencia de la construcción de infraestructuras.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Elaborar una propuesta de diseño geométrico y diseño de pavimento de 3.00 km de vía de acceso vecinal, utilizando las especificaciones establecidas por el MTOP, con el fin de dar mayor seguridad a la población y disminuir riesgos de accidentes.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Determinar el tráfico de diseño mediante aforo vehicular efectuado de forma manual en la vía Naranjito – Bucay.
2. Determinar los parámetros correspondientes al diseño geométrico empleando las especificaciones técnicas establecidas en el manual del MTOP. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas).
3. Elaborar una propuesta de diseño de pavimento rígido basado en el método PCA (Portland Cement Association).

4. Elaborar estudios ambientales, de estimación de presupuestos y cronograma de la obra de acuerdo con el proyecto establecido.

## **1.5 Marco teórico**

### **1.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA**

#### **1.5.1.1 Área de implantación**

El área de estudio se encuentra ubicada en la sección central de la región costa del Ecuador, en la provincia del Guayas, jurisdicción política del cantón Naranjito. Las principales actividades productivas de la zona están relacionadas con la caña de azúcar, la cual es comercializada de manera artesanal e industrial a nivel nacional. (GADM Naranjito, 2014)

La vía perimetral o paso lateral se encuentra en el límite urbano del cantón, en superficies colindantes con el ingenio San Carlos y un determinado número de asentamientos humanos, por lo cual existe poca presencia de infraestructura urbana, por otro lado, se observa un canal de desagüe a lo largo de la vía mediante el cual se realiza el drenaje de aguas lluvias y riego desde el ingenio. (GADM Naranjito, 2014)

La abscisa 0+000 se ubica en la intersección con la perimetral Marcelino Maridueña – Naranjito, y el punto final (abscisa 2+740) en la intersección con la vía Naranjito – Bucay.

#### **1.5.1.2 Clima**

El cantón Naranjito se encuentra ubicado al este de la provincia del Guayas, con temperaturas que se mantienen cálidas durante la mayor parte del año. Su temperatura promedio está comprendida entre los 20 y 29 °C, con humedad máxima de 95% aproximadamente y estación lluviosa casi todo el año. La temporada de lluvia tiene lugar en los meses de Octubre y Julio, siendo febrero el mes de mayor precipitación, con un promedio de 190 milímetros. (GADM Naranjito, 2014)

### **1.5.1.3 Precipitación**

La precipitación es el parámetro de mayor influencia y se encuentra definida en dos periodos: La temporada lluviosa tiene una duración de 8 meses y se presenta entre los meses de octubre y julio y la temporada seca que dura 4 meses entre julio y octubre. (GADM Naranjito, 2014)

Durante la época lluviosa la precipitación es aproximadamente el 90% de la total anual, resultando el pico máximo en febrero con un valor promedio aproximado de 190 mm y el valor mínimo registrado en el mes de agosto con 3 mm. (GADM Naranjito, 2014)

### **1.5.1.4 Pendiente y tipo de suelo**

Naranjito está ubicado en la llanura oriental, donde los suelos se originan principalmente por la acumulación de los materiales detríticos erosionados, los cuales se han sedimentado en capas sucesivas desde el terciario. El material superficial está compuesto por materiales de granulometría muy amplia como arcilla, arenas e incluso gravas, y frecuentes variaciones en su composición. (GADM Naranjito, 2014)

El sitio presenta un relieve regular en gran parte, sin embargo, predominan en mayor extensión los conos de deyección y esparcimiento, y las terrazas bajas. También existen llanuras aluviales de depositación en determinadas áreas de los recintos Alegría, La Paciencia, sector María Isabel, ubicadas al límite Oeste del cantón, que a su vez son complementados con bancos y diques aluviales. La topografía de la región es plana con pendientes muy pequeñas que no superan un gradiente del 5%. Los accidentes topográficos de importancia lo constituyen los ríos que discurren en la planicie general. Debido a una combinación de factores naturales como las pendientes mínimas existentes, la falta de permeabilidad del terreno y el nivel elevado de la capa freática en toda la zona, el drenaje de la escorrentía superficial es muy lento, por lo que se requiere de un mayor tiempo para el desalojo natural de las aguas. (GADM Naranjito, 2014)

### **1.5.1.5 Demografía**

Naranjito posee una población de 37.186 Hab. según el censo poblacional realizado en 2010, en 224,54 Km<sup>2</sup> de extensión territorial, distribuidos en 27 asentamientos poblacionales, entre área urbana, recintos y caseríos. La mayor parte de la población está asentada en las áreas urbanas. La tasa de crecimiento entre el 2001 al 2010 es de 1.75%, y la densidad poblacional es de 165,61 habitantes por Km<sup>2</sup>. Según el INEC la proyección poblacional para el año 2014 es de 40.774 habitantes, y para el año 2020 Naranjito tendrá una población aproximada de 43.862 habitantes. (GADM Naranjito, 2014)

El perfil etario del cantón Naranjito es eminentemente joven, puesto a que el 48,83% de la población tiene de 1 a 24 años, mientras que el 16,89% tiene más de 50 años. La estructura poblacional en cuanto a sexo es bastante homogénea: 51,26% de hombres y el 48,74% de mujeres, cifras que no varían mucho con las estadísticas del año 2001, donde los hombres llegaban al 52,09%, y las mujeres el 47,91%. El cantón posee una moderada dinámica poblacional, por el bajo porcentaje de población migrante de la Sierra y de la Costa, y hacia otros países. Según el INEC la población migrante es de 808 hab, que representa el 2,17%. La presencia de indígenas y afroecuatorianos es mínima. La mayoría de la población se autodefine mestiza, con el 71,19%. (GADM Naranjito, 2014)

### **1.5.2 ELEMENTOS PARA EL DISEÑO**

El diseño y la localización de una vía dependen de varios aspectos, entre los más significativos se tiene: (MTO, 2013)

- a) Las características del terreno como; la topografía, las características físicas y biológicas y los usos de terreno en el área donde atraviesa la vía.
- b) El volumen y la composición del tránsito, la velocidad de diseño y la caracterización de los usuarios.

### **1.5.3 CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS**

Las vías pueden clasificarse de diversas formas de acuerdo con las características de funcionamiento. Generalmente las vías se clasifican de la siguiente manera: por

su funcionamiento, por el material de construcción, por la capacidad de tránsito que soportan, por la topografía y por la importancia. (Andrade Laborde & Bucheli Arias)

#### **1.5.3.1 Por su funcionamiento en la red vial**

Según el objetivo para el cual fueron diseñadas, estas pueden ser: Agrícolas, Estratégicas, Urbanas e Interprovinciales.

**Vías agrícolas o de herradura.** Son caminos que pueden ser lastrados, con fuertes pendientes y muchas curvas, debido a que siguen el relieve del terreno natural. Se las conoce como caminos de herradura porque generalmente son construidas para el paso de carretas y animales de carga. Este tipo de vías puede ser encontrada en pueblos y recintos, y en la mayoría de los casos se conecta con una vía de mejores características de diseño. (Andrade Laborde & Bucheli Arias)

**Vías estratégicas.** Son caminos que además de cumplir su función de transporte, en determinados casos, un tramo puede ser utilizado para actividades específicas como: aterrizaje de aviones. Como ejemplo, un tramo de la vía Duran – Tambo cumple con este objetivo.

**Vías urbanas.** Son carreteras que se ubican dentro del perímetro urbano y que generalmente presentan espacios de parque. Las avenidas y calles de las ciudades cumplen con este objetivo.

**Vías interprovinciales.** Son caminos que tienen gran longitud y que cumplen con las regulaciones establecidas para el diseño vial en la norma vigente del país. Dentro de este tipo de vías se tienen las que sirven de conexión entre cantones, ya sea que pertenezcan a la misma provincia o no.

#### **1.5.3.2 Por su material**

Según las características del material que conforma la vía, estas pueden de: Hormigón, Lastre, Tierra Natural. (Andrade Laborde & Bucheli Arias)

**Vías de hormigón.** Son caminos que presentan un elevado costo de construcción y cuyo periodo de vida útil generalmente es de 20 años. Pueden ser de hormigón

hidráulico, asfáltico y adoquín. Las avenidas y calles principales de ciudades y las vías interprovinciales son un ejemplo de éstas.

**Vías lastradas (empedradas, con grava).** Son caminos accesibles económicamente y su tiempo de duración estimado es de dos años. El costo se ve afectado principalmente por la distancia a la cual se encuentra la cantera de explotación de material más cercana.

**Vías de terreno natural.** Son caminos cuyo costo es mínimo, poseen anchos variables y generalmente no pueden ser utilizados en época invernal.

### 1.5.3.3 Por el tránsito

De acuerdo con el volumen de tránsito esperado para la vía, el MOP dispone una clasificación que toma en cuenta los números romanos para los diferentes tipos de vías, siendo el tipo V la de menor tránsito y la vía tipo I la de mayor tránsito. Un caso especial es la denominación para aquellas vías que presentan un tránsito más alto que la del tipo I, RI y RII, siendo estas las denominadas autopistas. En la Tabla 1.1 se presenta la clasificación de acuerdo con este parámetro. (MTOP, 2013)

**Tabla 1.2. Clasificación de vías por el tránsito. Fuente: MTOP.**

| Clase de vía<br>(Según MTOP) | TPDA (Periodo<br>de diseño) |
|------------------------------|-----------------------------|
| RI – RII                     | >8000                       |
| I                            | 3000 – 8000                 |
| II                           | 1000 – 3000                 |
| III                          | 300 – 1000                  |
| IV                           | 100 – 300                   |
| V                            | <100                        |

### 1.5.3.4 Por la topografía

Según el terreno donde se encuentra asentada la vía, esta puede ser considerada: Llana, Ondulada, Montañosa y Escarpada. (MTOP, 2013)

**Vías en terreno plano.** Son vías que se construyen sobre terrenos cuya pendiente longitudinal es menor a 3% y que presentan elevaciones no significativas, es decir, pendiente transversal menor a 5%.

**Vías en terreno ondulado.** Son vías que se encuentran asentadas en terrenos que presentan elevaciones y depresiones más pronunciadas, con pendientes transversales entre 6 y 12%, sin embargo, poseen longitudes largas. Comúnmente se tienen pendientes longitudinales del 3 al 6%.

**Vías en terrenos montañosos.** Son aquellas vías en las cuales su terreno posee elevaciones y depresiones con pendientes transversales (entre 12 y 40%) y longitudinales (de 6 a 8%). Este tipo de caminos se caracteriza por velocidades de operación bajas en distancias considerables.

**Vías en terrenos escarpados.** En este tipo de vías las pendientes transversales del terreno superan el 40%. La construcción de carreteras demanda un elevado costo en movimiento de tierras y existen muchas dificultades para el trazado. Generalmente se tienen pendientes longitudinales mayores a 8%.

#### 1.5.3.5 Por su importancia

Esta clasificación toma en cuenta el desempeño de la vía. De acuerdo con las especificaciones del MOP, se clasifican en: Corredor Arteria, Colector y Camino Vecinal. (MTO, 2013)

**Corredores arteriales.** Son aquellas vías que poseen calzadas separadas (Autopistas) y calzadas únicas (Clase I y II). Dentro del grupo de autopistas se llevará un control de todos los accesos, siendo estos prohibidos para determinados usuarios y vehículos. Dentro del grupo dos de corredores arteriales (Clase I y II), es decir la mayoría de las carreteras, presentarán una superficie con dos carriles para la circulación de vehículos en ambos sentidos, espaldones correctamente diseñados a cada lado y accesos controlados a través de vías de servicio.

**Vías colectoras.** En este tipo de caminos comprende las Clase I, I, III y IV, las cuales dependiendo de su importancia se diseñarán para recibir el tránsito de los caminos vecinales. Este tipo de vías se encuentran en poblaciones principales que forman parte del sistema arterial nacional.



**Caminos vecinales.** Este tipo de vías son de Clase IV y V. Se incluyen todos los caminos que no son clasificados en las denominaciones anteriormente mencionadas.

#### **1.5.4 EL TRÁNSITO.**

El diseño de una carretera o de cualquiera de sus partes debe emplear datos reales de tránsito, es decir, contemplará el número de vehículos y usuarios que circulan actualmente y el estimado para un periodo futuro. El tránsito indica el tipo de servicio que brindará la vía y afecta de manera directa las características geométricas de diseño. (MTOPI, 2013)

Los datos de tránsito deben incluir las cantidades de vehículos o volúmenes anuales y horarios, así como su composición, es decir, la distribución de estos vehículos por tipos y pesos. (MTOPI, 2013)

##### **1.5.4.1 Volúmenes de Tránsito**

Para la determinación del volumen de tránsito se deben considerar varios aspectos, entre los cuales se tiene: (MTOPI, 2013)

1. **Tránsito promedio diario: TPDA.** Corresponde al tránsito total que circula por la carretera durante un año dividido por 365, es decir, representa el volumen de tránsito promedio por día. Este valor es importante para determinar el uso anual como justificación de costos en el análisis económico y para obtener las dimensiones los elementos estructurales y funcionales de la carretera.
2. **Volumen de la hora pico.** Es el volumen de tránsito que circula por una carretera en la hora de tráfico más intenso.
3. **Volumen horario de diseño: VHD.** Es el volumen horario que se emplea para efectos de diseño, es decir, para realizar una comparación con la capacidad de la carretera en estudio.
4. **Proyección de tránsito.** Las carreteras nuevas o los mejoramientos de las existentes se deben diseñar considerando el tránsito que se espera va a usarlas. Lo recomendable es que el diseño sea capaz de soportar el volumen de tránsito que se presente en su último año de vida útil, con mantenimiento

razonable, suponiendo que el volumen esperado para cada año es mayor que el del año anterior. La determinación del tránsito futuro es lo que se conoce como proyección de tránsito.

#### 1.5.4.2 Tránsito futuro

Los volúmenes de tránsito futuro para diseño dependen del tránsito actual y del incremento esperado para un determinado periodo de diseño. Los componentes del tránsito futuro son:

- **El tránsito normal.** Corresponde al tránsito que utilizaría la vía una vez que entre en servicio. Está conformado por:
  - **Tránsito actual.** Es el tránsito que utiliza la carretera antes de la mejora. Para vías nuevas no existe el tránsito actual.
  - **Tránsito atraído.** Es el tránsito proveniente de otras vías luego de finalizar la construcción o haberse realizado mejoras. De esta manera, el volumen de tránsito que empieza a utilizar una carretera nueva es completamente atraído.

Para determinar el tránsito normal se puede emplear siguientes procedimientos, según el tipo de vía y su localización: (MTOP, 2013)

- a) Contar con los volúmenes de tránsito de carreteras existentes que puedan afectar el volumen de tránsito de la mejora.
- b) Realizar estudios de origen y destino en las propias vías.
- c) En áreas urbanas o suburbanas, realizar estudios de origen y destino mediante entrevistas domiciliarias o detección de la distribución del tránsito, a través de sensores.

Posterior a la determinación del tránsito normal, se debe obtener el volumen futuro tomando en cuenta los incrementos que corresponden al crecimiento normal, al tránsito producido y al tránsito desarrollado. (MTOP, 2013)

- a) **El crecimiento normal.** Es el incremento causado por el aumento global en el número y utilización de vehículos. Generalmente hay crecimiento en estos dos aspectos de manera simultánea hasta un determinado tiempo de funcionamiento luego del cual se estabiliza y cesa el crecimiento.

- b) El tránsito producido.** Está conformado por el número de viajes de vehículos diferentes al transporte público que no sería posible realizarlos si la vía no fuera construida o mejorada. Comprende lo siguiente:
- Los viajes que no habrían sido posible realizarlos antes.
  - Los que se habrían hecho antes por transporte público, y:
  - Los viajes que anteriormente se habrían hecho a otros sitios y que ahora se realizan debido a las facilidades que brinda la nueva vía y no por cambio en el uso del suelo.
- c) Transito desarrollado.** Corresponde al tránsito debido a mejoras realizadas en las zonas adyacentes, que no se habrían originado sin la construcción o mejoramiento de la carretera. En contraste con el tránsito producido, este componente del tránsito futuro continúa presentándose por muchos años después que se haya realizado la mejora vial.

## 1.5.5 DISEÑO GEOMÉTRICO

### 1.5.5.1 Alineamiento horizontal

Es la definición de la vía en el plano horizontal de su eje real o espacial y las laterales. Este eje horizontal está conformado por tramos rectos sucesivos denominados **tangentes** enlazados entre sí por **curvas**. La tangente es definida a través de la proyección del eje en un tramo recto y la curva se conoce como el enlace entre dos tangentes consecutivas de diferentes rumbos. (Moreno Carlosama, 2013)

#### 1.5.5.1.1 Tangentes

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen a las curvas. El punto de intersección de la prolongación de dos tangentes es conocido como PI y al alguno formado por la prolongación entre dos tangentes sucesivas se denomina “ $\alpha$ ” (alfa). La distancia existente entre el final de la curva anterior y el inicio de la siguiente es denominada **tangente intermedia**. (Moreno Carlosama, 2013)

#### 1.5.5.1.2 Curvas circulares

Las curvas circulares son los arcos de circunferencia formados a través de la proyección horizontal de las curvas utilizadas para la unión de dos tangentes

sucesivas, estas pueden ser simples, compuestas y reversas. (Moreno Carlosama, 2013). (MTOP, 2013)

#### **1.5.5.1.3 Grado de curvatura**

Es el ángulo formado por un arco de 20 metros, su valor máximo permite recorrer de manera segura las curvas con el peralte máximo a la velocidad de diseño. El grado de curvatura es un parámetro fundamental en el diseño del alineamiento horizontal. (Moreno Carlosama, 2013) (MTOP, 2013)

#### **1.5.5.1.4 Radio de curvatura**

Corresponde al radio de la curva circular y su valor es directamente proporcional al grado de curvatura del tramo analizado. (Moreno Carlosama, 2013) (MTOP, 2013)

#### **1.5.5.1.5 Curvas circulares simples**

Es un arco de circunferencia tangente a dos alineamientos rectos de carretera y es definido por su radio, el cual es asignado por el diseñador de tal manera que garantice la seguridad de los usuarios de la vía y optimice el costo de la construcción. (Moreno Carlosama, 2013) (MTOP, 2013)

#### **1.5.5.1.6 Curvas circulares compuestas**

Son las curvas constituidas de dos o más curvas circulares simples consecutivas, tangentes en un punto común y con sus centros ubicados al mismo lado de la tangente común. El punto de tangencia es conocido como punto de curvatura compuesta. (Moreno Carlosama, 2013) (MTOP, 2013)

#### **1.5.5.1.7 Curvas circulares reversas**

Estas curvas son formadas cuando dos curvas circulares tienen un solo punto de tangencia común. (Moreno Carlosama, 2013) (MTOP, 2013)

#### **1.5.5.1.8 Longitud de transición**

Es la longitud empleada para realizar la transición de pendientes transversales entre una sección normal y una peraltada alrededor del eje de la carretera o de uno de sus bordes. Además, según criterios de diseño debe ser mayor a la distancia

necesaria de un vehículo que transita a la velocidad de diseño tenga 2 segundos para decidir el cambio de carril. (Moreno Carlosama, 2013) (MTOP, 2013)

#### **1.5.5.1.9 Velocidad de diseño**

Es la velocidad máxima que se podrá mantener para circular de manera segura sobre una determinada sección de la carretera. De este parámetro dependen las principales características geométricas de la vía, tales como: curvatura, peralte y distancia de visibilidad. (CORASCO, 2008)

#### **1.5.5.1.10 Velocidad de circulación**

Es una medida cualitativa que permite evaluar la calidad del servicio que proporciona la vía a los usuarios. Este valor presenta variaciones principalmente durante el día debido a los cambios en el volumen de tránsito. (CORASCO, 2008)

#### **1.5.5.1.11 Velocidad de operación**

La AAHSTO define la velocidad de operación como *“la máxima velocidad media a que un conductor puede circular en una sección dada de vía bajo condiciones favorables de meteorología, condiciones predominantes de tráfico y sin exceder la velocidad seguro en ningún momento, determinada ésta mediante la velocidad de diseño basada en un análisis por tramos de la vía”*

#### **1.5.5.1.12 Distancia de visibilidad**

La distancia de visibilidad es la longitud de la carretera que un conductor puede observar continuamente delante de él. Este parámetro considera los aspectos descritos a continuación: (MTOP, 2013)

- **Distancia de visibilidad de parada o frenado.** Es la distancia mínima que debe existir en toda la longitud de la vía, requerida para que un usuario que transita a la velocidad de diseño o cerca a esta, observe un objeto en su trayectoria y pueda frenar el vehículo antes de producirse una colisión.
- **Distancia de visibilidad de rebasamiento.** Es la longitud requerida para que un vehículo que transita a la velocidad de diseño rebase a otro que circula a una menor velocidad sin que se produzca una colisión con otro

vehículo que se acerca en sentido contrario. Según recomendaciones de la AASHTO, esta distancia de visibilidad debe existir cada dos kilómetros, debido a que no es económicamente viable el diseño de una carretera con diferentes velocidades de rebasamiento durante su recorrido.

#### **1.5.5.1.13 Radio mínimo de curvatura**

El radio mínimo de la curvatura horizontal es el valor más bajo que permite circular de manera segura a la velocidad de diseño establecida en función del máximo peralte adoptado y el coeficiente de fricción lateral correspondiente.

#### **1.5.5.2 Alineamiento vertical**

También conocido como alineamiento en perfil, es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela a esta. Debido al comportamiento paralelo, el trazado denotará la longitud real del eje de la vía. El eje vertical, también llamado rasante o subrasante, está conformado por una sucesión de tramos rectos denominadas tangentes verticales, enlazados entre sí por curvas verticales. La proyección de este alineamiento dependerá directamente de la topografía del terreno natural. (Moreno Carlosama, 2013) (MTO, 2013)

##### **1.5.5.2.1 Gradiente longitudinal máxima**

Es el valor de mayor pendiente permitido en el proyecto. Su valor depende del volumen y composición del tránsito futuro, del tipo de terreno existente y de la velocidad de diseño. (Moreno Carlosama, 2013) (MTO, 2013)

##### **1.5.5.2.2 Curvas verticales**

Es un elemento del alineamiento vertical que permite enlazar dos tangentes verticales consecutivas, de tal manera que a lo largo de su longitud se efectúe el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente de salida, facilitando la operación segura y confortable de los vehículos, además que permite un adecuado drenaje. Investigaciones han comprobado que la parábola de eje vertical es la solución que mejor se ajusta a los requerimientos para curvas verticales. (Moreno Carlosama, 2013) (MTO, 2013)

Existen dos tipos de curvas verticales:

- **Curvas verticales convexas.** Son curvas verticales que determinan su longitud mínima en base a los requerimientos de distancia de visibilidad de parada, tomando en cuenta la altura del ojo del conductor de 1.15 m y una altura del objeto que se visualiza a 0.15 m sobre la carretera.
- **Curvas verticales cóncavas.** Se establecen cuatro criterios diferentes para determinar este tipo de curvas, entre los cuales se tiene:
  - Distancia de visibilidad nocturna (el más empleado).
  - Comodidad para conducir y para los usuarios.
  - Control de drenaje.
  - Apariencia de la vía.

#### **1.5.5.2.3 Longitud crítica del gradiente**

Es la máxima longitud en ascenso, para la cual un camión cargado puede operar sin reducir su velocidad por debajo de valor establecido. Se considera que la longitud crítica es la que produce una reducción de 25 Km/h en una velocidad de operación de vehículos pesados. (Moreno Carlosama, 2013) (MTOP, 2013)

#### **1.5.5.2.4 Secciones transversales**

El diseño de una sección transversal típica de una carretera depende casi en su totalidad del volumen tránsito, del terreno y por consiguiente de la velocidad de diseño.

#### **1.5.5.2.5 Gradiente transversal o bombeo**

Es la pendiente transversal que se proporciona a la corona de la carretera para permitir el escurrimiento del agua directamente hacia los espaldones. En carreteras de dos carriles de circulación y en secciones en tangente es común que el bombeo de la calzada tenga una pendiente de 2% y en los espaldones sea 4%. (Moreno Carlosama, 2013) (MTOP, 2013)

#### **1.5.5.2.6 Peralte**

Es la inclinación transversal que se proporciona a la calzada cada vez que se pasa de una alineación recta a una curva con el fin de contrarrestar los efectos de la fuerza que tiende a desviar radialmente los vehículos hacia fuera de la vía. En

curvas circulares, la longitud de transición del peralte se distribuye 1/3 en la curva y 2/3 en la tangente. En curvas con espirales el peralte se desarrolla a lo largo de toda la espiral. (Moreno Carlosama, 2013) (MTOPI, 2013)

#### **1.5.5.2.7 Sobreancho**

Es la longitud adicional de la calzada que permite la circulación de los vehículos de manera segura y cómoda al transitar una curva. (Moreno Carlosama, 2013) (MTOPI, 2013).

#### **1.5.5.2.8 Curva de masas**

Es la representación gráfica de los volúmenes de tierras que resultan en exceso o en déficit del proyecto. Consiste en calcular la cantidad de corte y relleno, la distribución, acarreo y sobre acarreo de la tierra en las zonas de trabajo. El diagrama de masas permite estimar el costo de construcción y el proceso de ejecución del movimiento de tierras. (Moreno Carlosama, 2013)

La curva de masas es empleada para:

- Compensar volúmenes de tierra.
- Determinar el sentido de movimiento del material.
- Determinar la distancia de sobre acarreo.
- Establecer tramos de préstamo y zonas de desalojo de material.

### **1.5.6 PAVIMENTO**

Un pavimento es una estructura estratificada, congruentemente horizontal, diseñada y construida siguiendo requerimientos técnicos empleando materiales apropiados y adecuadamente compactados. Es un conjunto de capas superpuestas que se apoya sobre una capa más profunda denominada subrasante, la cual se obtiene a través del movimiento de tierras en el proceso de exploración. Este tipo de estructuras debe ser capaz de resistir correctamente los esfuerzos que las cargas repetidas de tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada. (Montejo, 2002)



### **1.5.6.1 Requisitos de un pavimento**

Un pavimento para desempeñar satisfactoriamente sus funciones debe cumplir con los siguientes requerimientos: (Montejo, 2002)

- Resistir la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Resistir los agentes del intemperismo.
- Poseer una textura superficial adecuada a las velocidades de circulación previstas y capaz de resistir el efecto abrasivo causado por las llantas de los vehículos.
- Presentar regularidad superficial, tanto longitudinal como transversal, de tal manera que se garantice la comodidad de los usuarios.
- Durabilidad.
- Drenaje adecuado.
- Mitigar el ruido generado por la rodadura, tanto en el interior como en el exterior del vehículo.

### **1.5.6.2 Clasificación de los pavimentos.**

Generalmente se clasifican en: pavimentos rígidos, pavimentos semirrígidos o pavimentos semiflexibles y pavimentos flexibles. (Montejo, 2002)

#### **1.5.6.2.1 Pavimentos rígidos**

Este tipo de pavimentos está conformado por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase 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 una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. (Montejo, 2006)

#### **1.5.6.2.2 Pavimentos semirrígidos o semiflexibles**

Son aquellos que presentan casi en su totalidad las características de un pavimento flexible. Una de sus capas es rigidizada artificialmente con un aditivo, entre los

cuales se tienen: asfaltos, emulsiones, cemento, cal y químicos. Estos aditivos son empleados para optimizar las propiedades mecánicas de los materiales existentes que no son capaces de resistir la construcción de las capas de un pavimento. (Montejo, 2002)

### **1.5.6.2.3 Pavimentos flexibles**

Son estructuras multicapas formadas por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase, sin embargo, se puede prescindir de cualquiera de estas dependiendo de las características de la obra (Castaño , Herrera, Gómez, & Reyes , 2009)

### **1.5.6.3 Características de las capas de un pavimento**

#### **1.5.6.3.1 Terreno de fundación**

Es la capa más profunda del pavimento, también conocida como subrasante. Su calidad y resistencia determinan los espesores totales de la estructura, sean estos rígidos o flexibles. (Terreros De Varela & Moreno Lituma, 1995)

Los principales objetivos de la subrasante son los siguientes: (Terreros De Varela & Moreno Lituma, 1995)

- Recibir y resistir las cargas de tránsito transmitidas desde la capa de rodadura del pavimento.
- Transmitir y distribuir los esfuerzos hacia las capas más profundas del suelo de fundación (a más de 1 m de profundidad).
- Si el terreno de fundación es pésimo (CBR < 5%), debe desecharse el material que lo compone, siempre que sea posible y sustituirse este por un suelo de mejor calidad.
- Si el terreno de fundación es malo (CBR 5% al 10%), habrá de colocarse una subbase de material seleccionado antes de poner la base.
- Si el terreno de fundación es regular o bueno (CBR 15% al 30%) podría prescindirse de la subbase.
- Si es excelente, podría prescindirse de la subbase (CBR > 40%) y la base.

### **1.5.6.3.2 Subbase**

Es la capa de material que se coloca en la parte superior de la subrasante. Sus principales funciones son: (Terreros De Varela & Moreno Lituma, 1995)

- Servir de drenaje al pavimento.
- Controlar, e eliminar en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad, perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante.
- Controlar la ascensión capilar del agua que proviene de las capas freáticas cercanas o de otras fuentes, protegido así el pavimento contra hinchamientos que se producen en épocas heladas.
- El material de la subbase debe ser seleccionado y tener mayor capacidad de soporte que el terreno de fundación compactado. Este material puede ser arena, grava, granzón, escoria de altos hornos o residuos de materiales de cantera. En algunos casos es posible emplear para subbase el material de la subrasante.

### **1.5.6.3.3 Base**

Es la capa diseñada para absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y distribuirlos uniformemente estos esfuerzos a la subbase y la subrasante. (Terreros De Varela & Moreno Lituma, 1995)

### **1.5.6.3.4 Capa de rodadura**

Es la capa más superficial de la estructura, su finalidad es proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones del agua de lluvia que podría saturar parcial o totalmente las capas inferiores. Además, evita que se desgaste o se desintegre la base por el tránsito de los vehículos. (Terreros De Varela & Moreno Lituma, 1995)

### **1.5.6.4 Método de diseño: Método PCA**

El método Portland Cement Association (PCA) es empleado para determinar los espesores de las losas apropiados para soportar las cargas de tráfico en calles, caminos y carreteras de hormigón. (IBCH, 1995).

Esta metodología de diseño considera dos criterios fundamentales:

- a) **Fatiga**, consiste en soportar los esfuerzos generados en el pavimento debido a la acción de las cargas repetidas, dentro de límites seguros, evitando el agrietamiento por fatiga.
- b) **Erosión**, se basa en limitar los efectos de las deflexiones del pavimento en el borde de las losas, juntas y esquinas, controlando así la erosión del terreno de fundación y de los materiales de las bermas.

Finalmente, el espesor de diseño es calculado tomando en cuenta los siguientes factores:

1. Resistencia del hormigón a la flexión (Módulo de rotura MR).
2. Resistencia de la subrasante o subrasante y subbase combinadas (k).
3. Los pesos, frecuencias y tipos de cargas axiales de camiones que soportará el pavimento.
4. El periodo de diseño, el cual generalmente es considerado de 20 años para este tipo de obras.

#### **1.5.6.4.1 Resistencia del hormigón a la flexión**

La resistencia del hormigón a la flexión es considerada en el procedimiento de diseño a través del criterio de fatiga, el cual controla el agrietamiento del pavimento bajo cargas repetitivas de camiones. Debido a que las cargas axiales producen esfuerzos de compresión mínimos comparados con los esfuerzos flexores, únicamente se analiza los valores de este último para el diseño de espesores. (IBCH, 1995)

La resistencia a la flexión se determina mediante ensayos de módulo de rotura, las cuales se realizan usualmente sobre vigas de 6x6x30 pulgadas. Las pruebas del módulo de rotura se ejecutan usualmente a los 7, 14, 28 y 90 días, siendo considerados mayormente los resultados obtenidos a los 28 días. (IBCH, 1995)

#### **1.5.6.4.2 Soporte de la subrasante y subbase**

La capacidad de soporte de la subrasante y la subbase es definida en términos del módulo de reacción de la subrasante (**k**) de Westergaard. Este valor es equivalente entre la carga en libras por pulgada cuadrada sobre un área de carga (una placa de 30 pulgadas de diámetro) y la deflexión en pulgadas debido a esa carga, es

decir, los valores de  $k$  se expresan con unidades de libras por pulgada cuadrada, por pulgada (psi/pulg). Debido a que la prueba de carga sobre la placa tiene un elevado costo, el valor de  $k$  se estima a través de correlaciones con otros ensayos simples, como CBR. (IBCH, 1995)

#### **1.5.6.4.3 Tráfico**

La cantidad y los pesos de las cargas axiales pesadas esperadas durante la vida útil de la estructura vial son factores esenciales en el diseño de los espesores de las capas en pavimentos de hormigón. Estos se obtienen a partir de las siguientes estimaciones: (IBCH, 1995)

- Tráfico promedio diario en ambas direcciones, de todos los vehículos (Average Daily Traffic – ADT).
- Tráfico promedio diario de camiones en ambas direcciones ( Average Daily Truck Traffic – ADTT).
- Cargas axiales de camiones.

#### **1.5.6.4.4 Periodo de diseño**

También conocido como vida útil del pavimento, corresponde al periodo que se espera que el pavimento resista los esfuerzos producidos por el paso de camiones sin que se afecte la funcionalidad estructural de la vía. La selección del periodo de diseño es específica para cada proyecto y está basada en criterios ingenieriles que consideran factores socioeconómicos. (IBCH, 1995)

### **1.5.7 SEÑALIZACIÓN**

Es la herramienta que permite controlar del tránsito de vehículos en carreteras y vías urbanas. El diseño de señalética consiste en la colocación de letreros, signos pintados en las calzadas, espaldones y otros lugares que comprenden la vía. (Moreno Carlosama, 2013)

La señalización y demarcaciones son regidas por las especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, de acuerdo con a lo establecido por diversos códigos internacionales.

Según lo indicado en el numeral 4.1 del RTE INEN 004, los dispositivos de control deben cumplir con los siguientes requisitos básicos: (INEN, 2011)

- a) Cumplir y satisfacer una necesidad.
- b) Ser visible y llamar la atención del usuario vial.
- c) Contener y transmitir un mensaje claro y simple.
- d) Inspirar respeto, y
- e) Colocarse de modo que brinde el tiempo adecuado de respuesta del usuario vial.

### **1.5.7.1 Señalización horizontal**

La señalización horizontal comprende las marcas efectuadas sobre la superficie de la vía que tienen por función regular la circulación y advertir o guiar a los usuarios de la vía, por lo que son un elemento indispensable para la seguridad y la gestión del tránsito. (Macías Rivera, 2011)

#### **1.5.7.1.1 Líneas longitudinales**

Son empleadas para delimitar carriles y calzadas, indicando; zonas con o sin prohibición de rebasamiento, zonas con prohibición de estacionar, carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo: carriles exclusivos de bicicletas o buses y para advertir la proximidad de un paso cebra. (Macías Rivera, 2011)

Para este tipo de marcas usualmente se utilizan pinturas, sin embargo, es posible emplear otro tipo de material siempre que cumpla los requerimientos de color y visibilidad.

La clasificación de las líneas longitudinales de acuerdo con el color se realiza tomando en cuenta los siguientes conceptos:

- a) Líneas amarillas definen:
  - Separación de tráfico viajando en direcciones opuestas.
  - Restricciones.
  - Borde izquierdo de la vía (en caso de existir parterre).
- b) Líneas blancas definen:

- La separación de tráfico en la misma dirección.
- Borde derecho de la vía (Berma).
- Zonas de estacionamiento.
- Proximidad a un paso cebra.

c) Línea azul define:

- Zonas tarifadas de estacionamiento con límite de tiempo.

Según lo establecido en numeral 5.2.1.4 del RTE INEN 004-2, los anchos y patrones de las marcas longitudinales en pavimentos son las siguientes:

1. Una línea continua de color amarillo prohíbe el cruce o rebasamiento.
2. El ancho mínimo de estas líneas es de 100 mm y el máximo de 150 mm.
3. Doble línea continua (línea de barrera). Consiste en dos líneas continuas de color amarillo separadas por un espacio igual al ancho de la línea a utilizarse, prohíbe el cruce o rebasamiento.
4. Una línea segmentada. Consiste en segmentos pintados separados por espacios sin pintar, las cuales indican que es posible el rebasamiento.

#### **1.5.7.1.2 Líneas de separación de flujos opuestos**

Son de color amarillo y se emplean para indicar la separación de flujos de circulación opuestos en calzadas bidireccionales. Usualmente se localizan en el centro de la calzada, sin embargo, cuando la asignación de carriles para cada sentido es desigual, esta ubicación no coincide con el eje central. El ancho de estas marcas varía según el tipo de línea y la velocidad máxima permitida en la vía. (INEN, 2011)

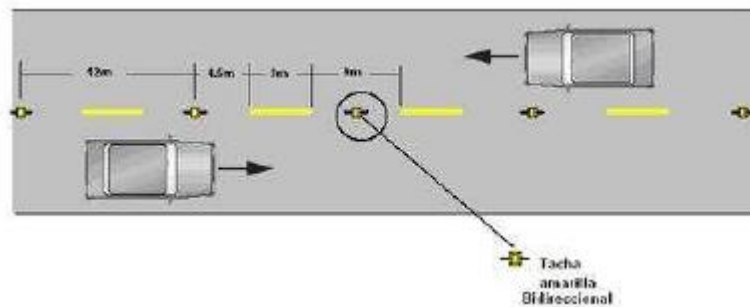
Considerando la importancia de esta línea en la seguridad vial, su aplicación toma en cuenta los siguientes requisitos:

- a) En vías rurales con ancho de calzada mínima de 5.60 m y con un TPDA de 300 vehículos o más.
- b) En vías urbanas con un ancho de calzada mínima de 6.80 m, siempre que existan prohibiciones de estacionamiento laterales y con un TPDA de 1500 vehículos o más.

## Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta

Estas líneas son de color amarillo y pueden ser traspasadas tomando las precauciones necesarias del caso, usualmente son empleadas en vías cuyas características geométricas permiten el rebasamiento y los virajes.

**Figura 1.2. Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta.**



**Fuente: RTE-INEN 004-2.**

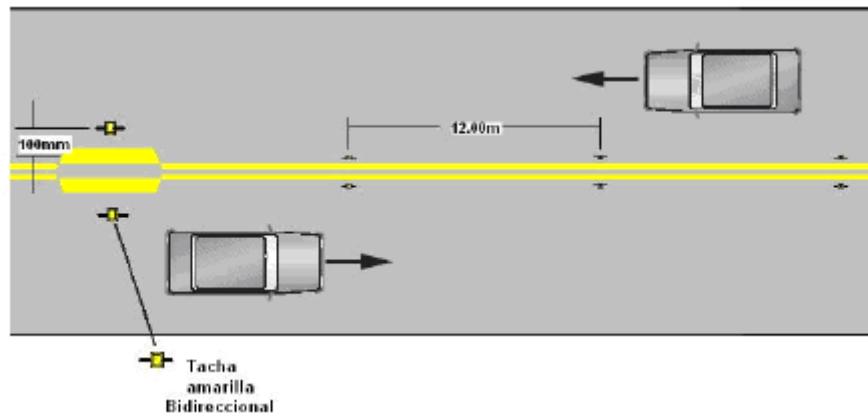
## Doble línea continua (línea de barrera)

Consisten en dos líneas amarillas paralelas, con un ancho de 100 a 150 mm con tachas a los costados, espaciadas a 100 mm entre sí. Son utilizadas en calzadas con doble sentido de circulación, en las cuales las características geométricas de la vía no permiten maniobras de rebasamiento o virajes a la izquierda de manera segura.

En vías de 3 carriles, en las cuales dos de ellos son en un sentido de tránsito y el otro carril en sentido opuesto, la división de circulación debe ser realizada empleando doble línea continua amarilla.



**Figura 1.3. Doble línea continua (línea de barrera).**

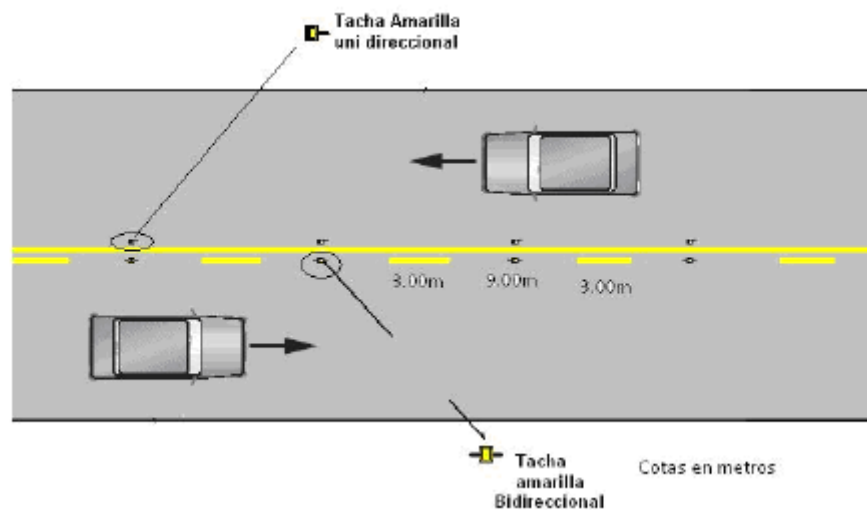


**Fuente: RTE-INEN 004-2.**

### **Doble línea mixta**

Consisten en dos líneas amarillas paralelas, una continua y la otra segmentada, de un ancho mínimo de 100 mm cada una, espaciadas a 100 mm entre sí. Siempre que se realice de manera segura, es posible el rebasamiento desde la línea segmentada, sin embargo, se prohíbe cruzar desde la línea continua para maniobras de rebasamiento.

**Figura 1.4. Doble línea mixta: continua y segmentada.**



Fuente: RTE-INEN 004-2.

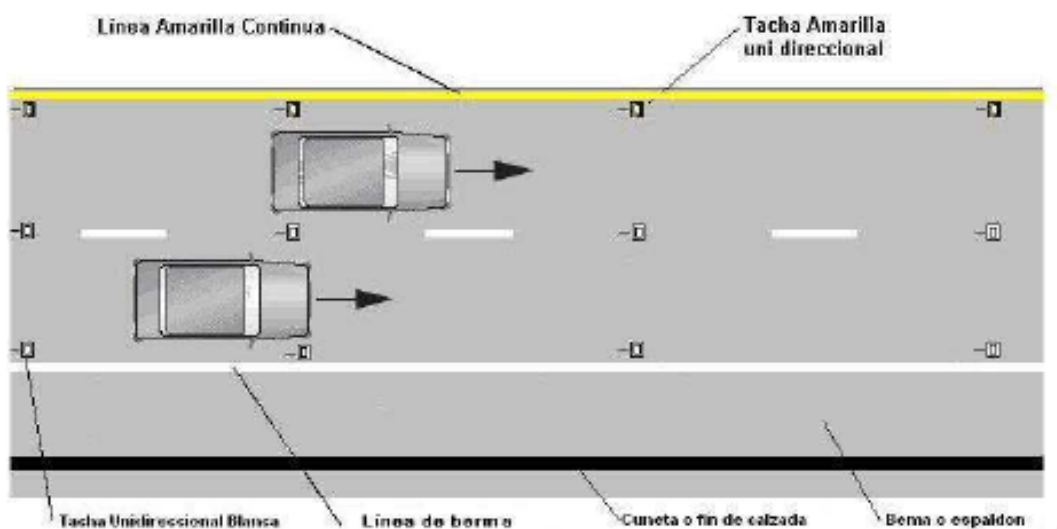
### 1.5.7.1.3 Líneas de borde de calzada

Indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, el lugar donde se encuentra el borde de la calzada, permitiendo un correcto posicionamiento respecto a éste. Son la única orientación para un conductor que ha sido encandilado por un vehículo que se aproxima en sentido opuesto, por lo tanto, son imprescindibles en vías rurales y perimetrales. (INEN, 2011)

#### Líneas de borde de calzada continuas

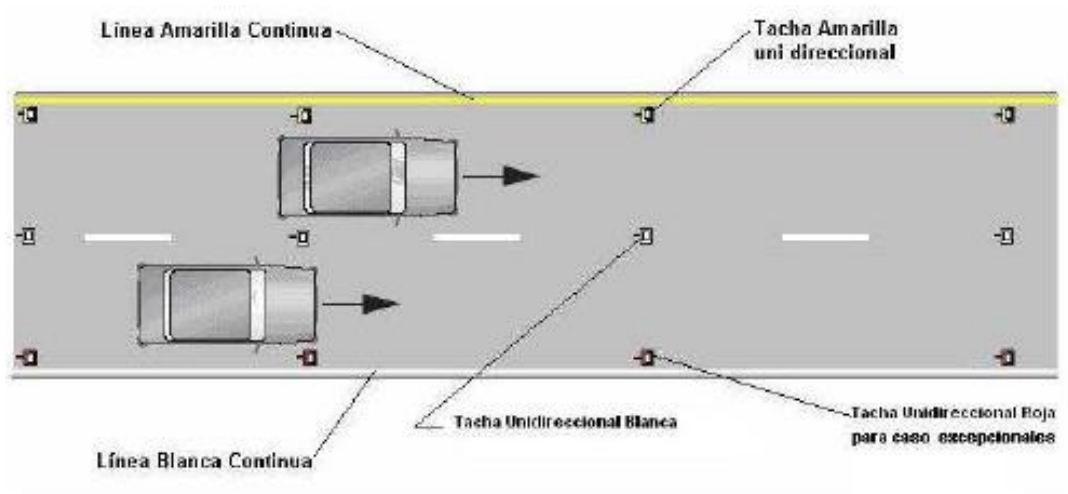
Son las más usadas para señalar el borde de la calzada, su ancho mínimo en vías urbanas debe ser de 100 mm y de 150 mm en autopistas y carreteras. Existen dos tipos: líneas continuas de borde con espaldón o berma y líneas continuas de borde sin espaldón o berma.

Figura 1.5. Líneas continuas de borde, con espaldón o berma.



Fuente: RTE-INEN 004-2.

**Figura 1.6. Líneas continuas de borde, sin espaldón o berma.**



**Fuente: RTE-INEN 004-2.**

#### **1.5.7.1.4 Líneas transversales**

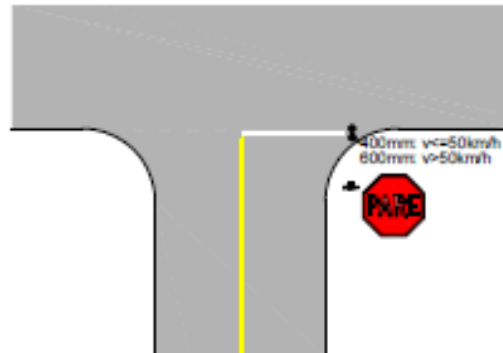
Son empleadas principalmente en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para señalar secciones destinadas para cruce de peatones o bicicletas. (INEN, 2011)

##### **Líneas de pare**

Son líneas continuas demarcadas en la calzada ante la cual los vehículos deben detenerse. En vías cuyas velocidades máximas permitidas sean iguales o menores a 50 Km/h el ancho debe ser de 400 mm, en contraste, para vías con velocidades superiores a 50 Km/h el ancho será de 600 mm.

- a) **Línea de pare en intersección con señal vertical de pare.** Esta línea se marca siguiendo la alineación de la proyección de los bordillos hacia el interior de la vía, en sitios donde es requerido la detención del tránsito.

**Figura 1.7. Línea de pare en intersección con señal vertical de pare para vías bidireccionales.**



**Fuente: RTE-INEN 004-2.**

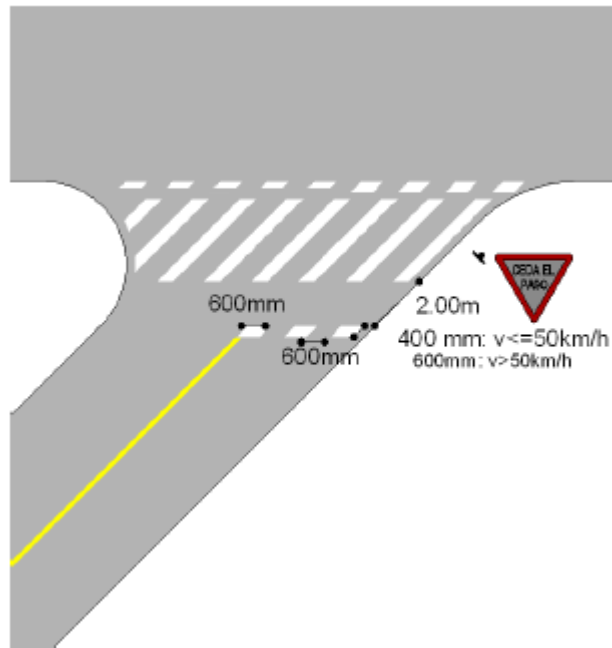
### **Línea de ceda el paso**

Es la línea necesaria para indicar la posición segura en la cual un vehículo podrá detenerse, en caso de ser requerido. Consiste en una línea segmentada de 600 mm pintada con espaciamiento de 600 mm, en vías que la velocidad máxima permisible es menor o igual a 50 Km/h el ancho será de 400 mm en vías con velocidades superiores el ancho será de 600 mm.

Esta línea es demarcada mediante un carril que se aproxima a un dispositivo de control de tránsito como:

- a) Señal vertical de ceda el paso
- b) Cruce de trenes a nivel
- c) Cruce cebra
- d) Redondeles
- e) Cruce escolar

Figura 1.8. Línea de ceda el paso con señal vertical en vía bidireccional.

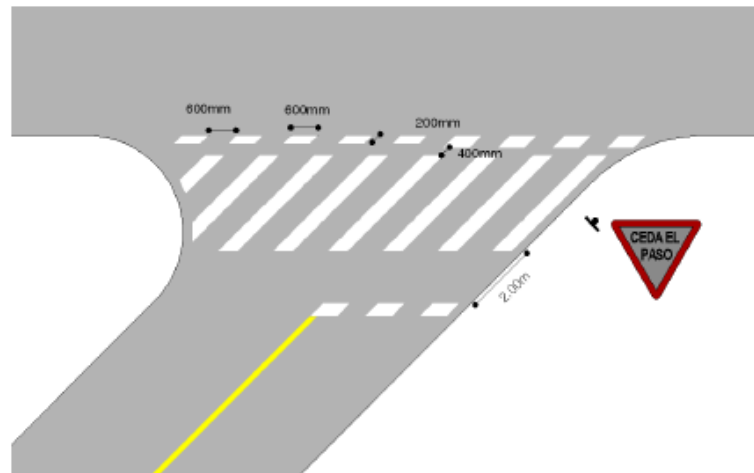


Fuente: RTE-INEN 004-2.

### Línea de detención

Indica a los conductores que viran en una intersección, el lugar en el cual deberán detenerse y ceder el paso a los peatones, y al peatón el sendero seguro para cruzar. Es una línea segmentada de 600 mm por 20 mm de ancho, espaciadas 600 mm entre sí. Se demarca en intersecciones controladas con señales de pare o ceda el paso a través del lado izquierdo en la proximidad de una vía menor y alineada con la línea de pare o ceda el paso.

Figura 1.9. Línea de detención con señal vertical de ceda el paso




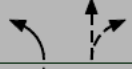
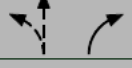




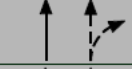

#### 1.5.7.1.5 Símbolos y leyendas

Su utilización sirve tanto para guiar y advertir al usuario como para regular la circulación. Este tipo de señalética comprende: **flechas**, **triángulos**, **ceda el paso** y leyendas como: **pare**, **bus**, **carril exclusivo**, **solo trole**, **taxis**, **parada bus**, entre otros. (INEN, 2011)

#### Flechas

Las flechas señalizadas en la calzada indican al conductor la dirección obligatoria que deben seguir los vehículos que circulan por un carril en la intersección más próxima.

**Figura 1.10. Requerimientos para implementar flechas en la calzada de una vía de dos carriles.**

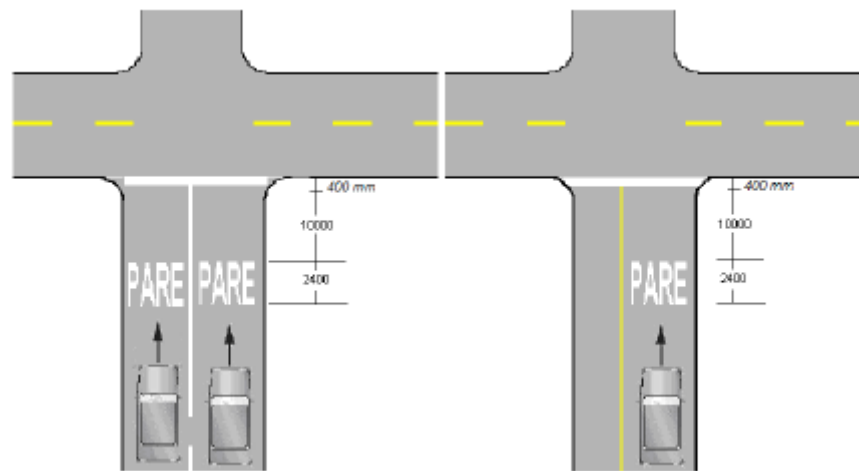
| N° | DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS  | 2 CARRILES  |
|----|--|---|
| 1  | MANIOBRAS LEGALES SI NO HAY FLECHAS  |    |
| 2  | MANIOBRA LEGAL DE VIRAR A LA IZQUIERDA DESDE EL CARRIL IZQUIERDO   |    |
| 3  | MANIOBRA LEGAL DE VIRAR A LA DERECHA DESDE EL CARRIL DERECHO   |    |
| 4  | DEMARCAIONES PARA DOS CARRILES EXCLUSIVOS DE VIRAR A LA IZQUIERDA  |    |
| 5  | DEMARCAIONES PARA DOS CARRILES EXCLUSIVOS DE VIRAR A LA DERECHA  |    |
| 6  | DEMARCAIONES PARA MOVIMIENTOS COMPARTIDOS DE VIRAR A LA IZQUIERDA Y SEGUIR RECTO DESDE EL CARRIL ADYACENTE DE VIRAR A LA IZQUIERDA                           |    |
| 7  | DEMARCAIONES PARA MOVIMIENTOS COMPARTIDOS DE VIRAR A LA DERECHA Y SEGUIR RECTO DESDE EL CARRIL ADYACENTE DE VIRAR A LA DERECHA                               |    |
| 8  | DEMARCAIONES PARA MOVIMIENTOS COMPARTIDOS DE VIRAR A LA IZQUIERDA Y SEGUIR RECTO DESDE EL CARRIL ADYACENTE A DOS CARRILES EXCLUSIVOS DE VIRAR A LA IZQUIERDA | NO SE APLICA  |
| 9  | DEMARCAIONES PARA MOVIMIENTOS COMPARTIDOS DE VIRAR A LA DERECHA Y SEGUIR RECTO DESDE EL CARRIL ADYACENTE A DOS CARRILES EXCLUSIVOS DE VIRAR A LA DERECHA     | NO SE APLICA  |
| 10 | DEMARCAIONES PARA INDICAR PROHIBICIONES DE VIRAR A LA IZQUIERDA (TAMBIÉN SE DEBE INSTALAR SEÑAL VERICAL)   |  |
| 11 | DEMARCAIONES PARA INDICAR PROHIBICIONES DE VIRAR A LA DERECHA (TAMBIÉN SE DEBE INSTALAR SEÑAL VERICAL)   |  |

**Fuente: RTE-INEN 004-2.**

### **Legendas**

Comprenden palabras, números y símbolos que se demarcan en el pavimento para dar mensajes de guía, preventivos o regulatorios, estos deben ser alargados en la dirección del movimiento del tránsito para que puedan ser legibles a máximas distancias. Entre las legendas mas usadas se tiene: PARE y SOLO.

**Figura 1.11. Leyenda PARE.**



**Fuente: RTE-INEN 004-2.**

### **1.5.7.2 Señalización vertical**

Está conformada por señales en placas, postes, pórticos o estructuras instaladas en la vía para advertir a los usuarios sobre peligros y su naturaleza, regular prohibiciones o restricciones respecto al uso de vías, así como proporcionar información necesaria para guiar a los conductores durante el recorrido. (Macías Rivera, 2011)

#### **1.5.7.2.1 Visibilidad**

Las señales que se instalen deberán ser legibles para los usuarios y su localización debe estar sujeta a lo establecido en las especificaciones del RTE INEN 004-1, tal que permita una adecuada reacción del conductor aun cuando este circule a altas velocidades. Estas señales deberán ser elaboradas con material retro reflectante tipo I o características superiores, tal que cumplan con los requerimientos de la normativa. (Macías Rivera, 2011)

#### **1.5.7.2.2 Colocación de las señales**

##### **Ubicación lateral**

Todas las señales serán colocadas al costado derecho de la vía, tomando en cuenta el sentido de circulación del tránsito, de tal manera que el plano frontal de



la señal y el eje vial formen un ángulo comprendido entre 85 y 90 grados, con el fin de optimizar la visibilidad del usuario.

En carreteras, la distancia medida desde el extremo interior de la señal hasta el borde de la calzada estará comprendida entre 2 m y 5 m. En zonas urbanas, serán colocadas de tal forma que la distancia existente entre el extremo más sobresaliente de la señal y el borde del pavimento sea mayor a 0.30 m y menor a 1 m. (INEN, 2011)

### **Ubicación longitudinal**

La colocación longitudinal de las señales estará basada en criterios definidos para cada uno de los tipos de señales verticales.

### **Altura**

La altura libre de los soportes verticales medida desde la superficie del terreno hasta el borde inferior de la señal deberá ser mayor a 1.50 m en zonas rurales y en el caso de zonas urbanas no será menor a 2 m. (INEN, 2011)

#### **1.5.7.2.3 Tableros de las señales**

Los tableros de las señales verticales se elaborarán empleando láminas de acero galvanizado, aluminio o poliéster reforzado con fibra de vidrio. La información contenida en estas señales será colocada sobre láminas retro reflectivas y adherida a la lámina metálica. (Macías Rivera, 2011)

#### **1.5.7.2.4 Estructuras de soporte de las señales**

Los postes de las señales se fabricarán en ángulos de acero. También pueden ser fabricados empleando tubo galvanizado de 2 pulgadas de diámetro y 2 mm de espesor. (Macías Rivera, 2011)

#### **1.5.7.2.5 Clasificación de las señales verticales**

Este tipo de señalética, de acuerdo a su funcionalidad, se clasifica en cuatro grupos principales: (INEN, 2011)

### **Señales de prevención (Código P)**

Este tipo de señales verticales tiene por objetivo advertir al usuario de la vía la existencia de peligros y su naturaleza en las vías o sectores adyacentes a estas. (INEN, 2011)

**Figura 1.12. Señales preventivas.**



. Fuente: Macías Rivera, 2011.

### Forma

Usualmente se emplean cuadrados con diagonales verticales rombos, a excepción de los **pasos a nivel** cuya forma es la conocida cruz de San Andrés y la **flecha direccional** cuya forma es rectangular.

### Colores

Los colores usados en este tipo de señales verticales son generalmente: amarillo para el fondo y negro las orlas, símbolos, letras y/o números, a excepción de:

- Semáforo (amarillo, negro, rojo y verde)
- Prevención de pare (amarillo, negro, rojo y blanco)
- Prevención de ceda el paso (amarillo, negro, rojo y blanco)
- Paso a nivel (blanco y negro)

### Ubicación

Serán colocadas antes del peligro a prevenir. En vías arterias urbanas, o de menor jerarquía, se instalarán a distancias comprendidas entre 60 y 80 m. En el caso de vías rurales o corredores arteriales, las señales preventivas deberán colocarse de acuerdo con la velocidad de operación del sector, de la siguiente manera:

**Figura 1.13. Distancias para la ubicación de señales preventivas en vías rurales o en vías urbanas de jerarquía superior a las arterias.**

| Velocidad de operación (Km/h) | Distancia (m)   |
|-------------------------------|-----------------|
| 40                            | 50              |
| 60                            | 90              |
| 80                            | 120             |
| 100                           | 150             |
| mas de 100                    | no menos de 250 |

Fuente: Macías Rivera, 2011.

### Señales regulatorias (Código R)

Son empleadas para regular la circulación del tránsito e indican cuando se aplica un requerimiento legal, la falta del cumplimiento de sus instrucciones constituyen una infracción de tránsito. (INEN, 2011)

**Figura 1.14. Señales regulatorias.**



Fuente: Macías Rivera, 2011.

## Forma

Usualmente son de forma circular, exceptuando las señales de **pare**, cuya forma es octagonal, **ceda el paso** que posee forma triangular orientada hacia abajo; y **sentido único de circulación** y **sentido de circulación doble** que son de forma rectangular.

## Color

Este tipo de señales generalmente poseen fondo blanco, orlas y franjas diagonales de color rojo; símbolos, letras y números de color negro. Sin embargo, se tienen las siguientes:

- Pare, que posee fondo rojo; y orlas y letras en blanco.
- Ceda el paso, cuyo fondo es blanco y su orla roja.
- No pase, cuyo fondo es rojo, franja y letras en blanco.
- Sentido único de circulación y sentido de circulación doble, que tiene fondo negro y flechas y orlas blancas.

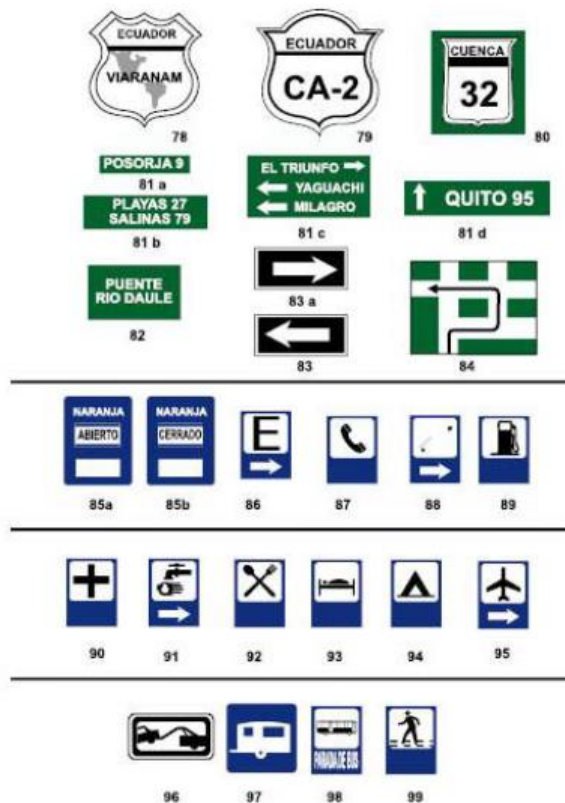
## Ubicación

Las señales regulatorias serán instaladas en el sitio que se aplicará la regulación o prohibición descrita en la señal. Además, estas señales pueden complementarse con placas informativas ubicadas debajo del símbolo, que delimiten el inicio y el final de la prohibición o restricción.

## Señales de información (Código I)

Tienen por objetivo informar a los usuarios de las vías sobre direcciones, distancias, destinos, rutas, ubicación de servicios y puntos de interés turístico. (INEN, 2011)

**Figura 1.15. Señales de información.**



**Fuente: Macías Rivera, 2011.**

## **Clasificación**

Las señales informativas pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

- a) De identificación. Sirven para identificar carreteras, según la nomenclatura vigente.
- b) Postes de referencia. Este tipo de señales indican el abscisado de la vía, en base a un punto determinado.
- c) De destino. Indican al conductor el nombre, la dirección y la distancia a la que están ubicadas las poblaciones que se encuentran en la ruta.
- d) De servicios. Se emplean para identificar los lugares donde se prestan servicios personales o de automotores.
- e) De información turística. Su objetivo es transmitir información relacionada a sitios culturales y turísticos.

## **Forma**

Las señales informativas tendrán forma de acuerdo con la clasificación a la que pertenezcan tal como se describe a continuación:

- a) De identificación, las cuales tienen forma de escudo.
- b) Postes de referencia, cuya forma es rectangular.
- c) De destino, que poseen forma rectangular, exceptuando la señal informativa de **decisión de destino**, que tiene forma de flecha.
- d) De información de ruta, cuya forma es rectangular.
- e) De información general, las cuales son de forma rectangular.
- f) De servicios, que tienen forma rectangular.
- g) De información turística, cuya forma es cuadrada.

## Color

Los colores empleados dependen de la clasificación de las señales y cumplen con los requerimientos establecidos en el INEN de la siguiente manera:

- a) De identificación. Fondo blanco, letras y/o números negros.
- b) Postes de referencia. Fondo blanco, letras y/o números negros.
- c) De destino. Fondo blanco, letras, orlas flechas y números en negro. En caso de ser elevadas, su fondo será verde y las letras, orla, flechas y números en blanco. En el caso de las señales de **información previa de destino**, usadas en zonas urbanas, que hacen referencia a destinos localizados fuera de la ciudad, el fondo verde podrá ser reemplazado por un fondo azul. Por otra parte, la señal **descripción de giros**, serán de color gris.
- d) De información en ruta. Fondo blanco, letras, orlas, flechas y números en negro, exceptuando la señal nomenclatura urbana que poseen fondo verde y letras, orla, flechas y números blancos.
- e) De información general. Fondo azul, recuadro blanco, pictograma negro, flechas, números y/o letras blancas.
- f) De servicios. Fondo azul, recuadro blanco, pictograma negro, flechas, números y/o letras blancas, a excepción de la señal **primeros auxilios**, que posee un pictograma rojo.
- g) De información turística. Fondo azul, orla, pictograma, flechas, números y/o letras blancas.

En caso de ser necesario, se podrán adosar placas que amplíen la información de las señales, éstas serán de fondo blanco y orlas, texto, flechas y números de color negro.

## Ubicación

- a) De identificación. Serán ubicados de forma adyacente a las señales de destino que identifiquen la ruta a la cual se hace referencia.
- b) Postes de referencia. Se colocarán en cada kilómetro de vía, en orden ascendente, a partir de un punto de referencia establecido de acuerdo con las normas vigentes sobre el tema, de la siguiente forma:
  - Al lado derecho para vías de calzada doble.
  - Para vías de calzada doble, se alternarán números pares por la derecha con números impares por la izquierda.
  - Si debido a características físicas de la vía el poste no puede colocarse en la abscisa exacta, éste deberá ser instalado adelante o atrás de la abscisa correspondiente, a una distancia no mayor a 25 m. En caso de persistir la imposibilidad de ubicarlo, podrá ser omitido.
- c) De destino. Se colocarán de acuerdo con las siguientes consideraciones:
  - La señal **información previa de destino** será ubicada de acuerdo con la siguiente expresión:

$$D=V+K/h$$

Donde:

D= Distancia de anticipación en metros.

V= Velocidad de operación del sector en Km/h.

K) Constante que depende del tipo de letras, letra tipo: B C D E, valor de K:4 5 6 7

H= Altura de las letras en centímetros.

- La señal **informativa de decisión de destino** se instalará sobre el área de la intersección o en sus zonas colindantes.
- Las señales **croquis** y **descripción de giros** serán instaladas en el sitio de decisión.

- La señal **confirmativa de destino** deberá ubicarse después de una intersección o un cruce a distancias no menores a 70 m ni mayores a 150 m.
- d) De información en ruta. Las señales **nomenclatura urbana** e **informativa geográfica** serán instaladas en el mismo sitio que se quiera informar o tomando en cuenta la dirección indicada de la misma señal. Por otro lado, la señal **seguridad vial** será ubicada considerando el criterio de las autoridades.
- e) De información general. Estas señales se instalarán en el mismo sitio que se pretende señalar, considerando la dirección indicada en la señal empleando una flecha o a la distancia referida en la misma señal.
- f) De servicios. La ubicación de estas señales se realizará en el mismo sitio que se pretende señalar, de acuerdo con la dirección indicada en la señal usando una flecha o a la distancia referida en la misma señal.
- g) De información turística. Serán ubicadas en el mismo sitio que se requiera la señalización, tomando en cuenta la dirección indicada en la señal mediante el uso de una flecha o a la distancia referida en la misma señal.

### Señales para trabajos en la vía y propósitos especiales (Código T)

Advierten, informan y guían a los conductores a circular con seguridad sitios de trabajo en las vías y aceras para alertar sobre otras condiciones temporales y peligrosas que podrían ocasionar daños a los usuarios viales. (INEN, 2011)

Figura 1.16. Señal de maquinarias en la vía.



Fuente: RTE INEN 004-1.

Forma



Las señales temporales deberán tener forma de rombo, en vías con velocidades superiores al 85 percentil de 90 Km/h se emplearan señales temporales de forma rectangular, con el eje horizontal más largo.

### **Color**

Este tipo de señales deberán tener leyendo o símbolo de color negro mate, asentado sobre un fondo fluorescente de color naranja retro reflectivo, según la norma ASTM D 4956.

### **Ubicación**

Para señales y/o dispositivos utilizados para transmitir una prevención con anticipación al peligro, la señal se ubicará a una distancia mayor a 25 m y menor a 100 m en áreas urbanas, y en áreas rurales esta distancia estará comprendida entre 100 y 200 m.

## **1.5.8 OBRAS DE DRENAJE**

Corresponde a las obras diseñadas y dimensionadas para la recolección, conducción y evacuación de las aguas provenientes de las precipitaciones y escorrentía superficial en el tiempo óptimo para evitar daños en la estructura del pavimento. (Moreno Carlosama, 2013)

### **1.5.8.1 Áreas de aportación**

Se conoce como área de aportación a la superficie de la cuenca en la cual se concentra el flujo superficial de agua. Para determinar las áreas de aportación que convergen a un punto determinado del camino, se realiza un seguimiento de las divisorias de agua, línea cumbre de la cuenca principal, subcuencas y cursos de agua que cubren el proyecto. (Moreno Carlosama, 2013)

### **1.5.8.2 Depresiones topográficas**

Se denomina depresión topográfica a todo cuerpo de agua que puede ser identificado, tal como: ríos, quebradas, esteros, etc. (Moreno Carlosama, 2013)

### **1.5.8.3 Periodo de retorno**

Es el periodo para el cual se espera la ocurrencia de un evento hidrológico extremo que puede afectar la infraestructura diseñada. Para determinar este parámetro se debe tomar en cuenta factores como el costo y el grado de seguridad que se pretende brindar a la estructura hidráulica. (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

Para el diseño de obras drenaje el MTOP recomienda que el periodo de retorno sea de 100 años para cuentas y 200 años para alcantarillas, esta última corresponde a vías arteriales como las de Clase I y la vida útil de dichas obras será igual al periodo de diseño de la carretera.

### **1.5.8.4 Tiempo de concentración**

Corresponde al tiempo que tarda una partícula de agua en desplazarse desde el punto más lejano de la cuenca hidrológica hasta el punto donde intercepta la vía. (Vélez & Botero, 2010)

### **1.5.8.5 Intensidad de lluvias**

La intensidad de lluvia ( $I$ ), es la tasa promedio de lluvia en mm/h para una cuenca o subcuenca de drenaje particular. La intensidad es seleccionada en base a la duración de lluvia de diseño y el periodo de retorno, empleando las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF) de la estación más cercana a la microcuenca de estudio. (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

### **1.5.8.6 Coeficiente de escorrentía**

Es la relación entre la cantidad de agua proveniente de una precipitación que cae sobre una determinada superficie de terreno, en la cual se producen dos efectos con el agua; una fracción escurre superficialmente y la otra se infiltra en el terreno. Este parámetro depende fundamentalmente del tipo de suelo, la topografía del terreno y la cobertura vegetal.

**Figura 1.17. Coeficientes de escorrentía por tipo de terreno.**

| COBERTURA VEGETAL        | PENDIENTE DEL TERRENO |             |      |       |       |              |
|--------------------------|-----------------------|-------------|------|-------|-------|--------------|
|                          | TIPO SUELO            | PRONUNCIADA | ALTA | MEDIA | SUAVE | DESPRECIABLE |
|                          |                       | 50%         | 20%  | 5%    | 1%    |              |
| SIN VEGETACIÓN           | Impermeable           | 0.80        | 0.70 | 0.70  | 0.65  | 0.60         |
|                          | Semipermeable         | 0.70        | 0.65 | 0.60  | 0.55  | 0.50         |
|                          | Permeable             | 0.50        | 0.45 | 0.40  | 0.35  | 0.30         |
| CULTIVOS                 | Impermeable           | 0.70        | 0.65 | 0.60  | 0.55  | 0.50         |
|                          | Semipermeable         | 0.60        | 0.55 | 0.50  | 0.45  | 0.40         |
|                          | Permeable             | 0.40        | 0.35 | 0.30  | 0.25  | 0.20         |
| PASTOS VEGETACIÓN LIGERA | Impermeable           | 0.65        | 0.60 | 0.55  | 0.50  | 0.45         |
|                          | Semipermeable         | 0.55        | 0.50 | 0.45  | 0.40  | 0.35         |
|                          | Permeable             | 0.35        | 0.30 | 0.25  | 0.20  | 0.15         |
| HIERBA, GRAMA            | Impermeable           | 0.60        | 0.55 | 0.50  | 0.45  | 0.40         |
|                          | Semipermeable         | 0.50        | 0.45 | 0.40  | 0.35  | 0.30         |
|                          | Permeable             | 0.30        | 0.50 | 0.20  | 0.15  | 0.10         |
| BOSQUES DENSA VEGETACIÓN | Impermeable           | 0.55        | 0.50 | 0.45  | 0.40  | 0.35         |
|                          | Semipermeable         | 0.45        | 0.40 | 0.35  | 0.30  | 0.25         |
|                          | Permeable             | 0.25        | 0.20 | 0.15  | 0.10  | 0.05         |

**Fuente: MTOP**

#### **1.5.8.7 Caudales de diseño**

Corresponde al máximo caudal de agua superficial que llegará a las obras de drenaje, como consecuencia de las precipitaciones que ocurren anualmente. Los métodos empleados para determinar los caudales de diseño dependen de la información hidrológica disponible y la relevancia de la obra que se va a construir. (Moreno Carlosama, 2013)

#### **1.5.8.8 Método de diseño: Método Racional**

Es un método usado para determinar el caudal de diseño que considera únicamente 3 parámetros como son: coeficiente de escorrentía, área de aportación de la cuenca e intensidad de lluvia. Cabe señalar que este método no puede ser empleado para caudales en áreas mayores a 500 hectáreas. (Moreno Carlosama, 2013)

## **1.5.9 ENSAYOS DE LABORATORIO**

### **1.5.9.1 Granulometría por tamizado para suelos.**

Este ensayo permite clasificar el terreno natural para su posterior comparación con la clasificación de materiales de suelos, de acuerdo con las normas ASTM D 422/ AASHTO T 88.

### **1.5.9.2 Límites de Atterberg.**

Consiste en la clasificación del suelo tomando en cuenta el contenido de humedad de las muestras analizadas, este análisis se realiza considerando lo especificado en las normas ASTM D 4318/ AASHTO T 89.

Límite líquido: se define como límite líquido al contenido de agua, en porcentaje, requerido para cerrar una distancia de 0.0127 metros a lo largo del fondo de ranura luego de 25 golpes (BRAJA , 2001) (LAMBE & WHITMAN, 1979).

Límite plástico: el límite plástico se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en piezas de 0.0032 metros de diámetro, se desmorona (BRAJA , 2001) (LAMBE & WHITMAN, 1979).

### **1.5.9.3 CBR (Relación de Soporte de California)**

CBR (California Bearing Ratio).- Norma AASHTO T193 – 63. Es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. Se usa en el diseño de pavimentos flexibles.

El CBR, expresa en porcentaje como, la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón dentro del suelo, a la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra tipo de piedra partida.

### **1.5.9.4 Proctor modificado.**

Esta prueba permite determinar la compactación o densidad seca máxima de un agregado tomando en cuenta el contenido de humedad de la muestra. El ensayo Proctor Modificado, se realizó de acuerdo con los requerimientos de las normas

ASTM D 1557/AASHTO T 180, Método D. En contraste con la versión estándar, considera una mayor altura de caída y mayor peso en el pisón. (ULLOA CALDERÓN, 2011)

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se utilizó una metodología que consideraba los siguientes aspectos.

### 2.1 Revisión documental y bibliográfica.

Los criterios y requerimientos empleados para el diseño geométrico y diseño de pavimento fueron los establecidos en el manual del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) para diseño vial, además se hizo la revisión de artículos científicos significantes para el desarrollo del tema expuesto.

### 2.2 Trabajo de Campo

Comprende las actividades realizadas en el límite urbano del cantón Naranjito para el diseño de una vía perimetral de dos carriles, entre las que se tiene: levantamiento topográfico de la vía, toma de muestras para ensayos de laboratorio a materiales empleados y aforo vehicular.

#### 2.2.1 Levantamiento topográfico.

La medición de datos topográficos se la efectuó usando equipos de topografía como: estación total SOKIA FX-105.

#### Procedimiento:

- Construcción y georreferenciación de hitos.
- Colocación de estaciones temporales de lectura usando estacas de cuartón: Las estaciones serán colocadas de manera estratégica para optimizar el levantamiento.
- Lectura de datos topográficos:  
Estación total: para determinar los valores de coordenadas geográficas en los ejes x e y se realizó la medición de 5 puntos en cada abscisa de la vía. Las abscisas fueron establecidas cada 20 metros según los criterios de diseño incluidos en el Tomo II del libro NEVI-12.

Nivel óptico: para determinar la coordenada geográfica del eje z se realizó la medición de 5 puntos en cada abscisa de la vía. Al igual que con la estación total, se trabajaron abscisas cada 20 metros.

### 2.2.2 Toma de muestras para ensayos.

Se tomaron muestras de suelo de la subrasante a través de una calicata de área transversal 50x50 cm<sup>2</sup> a una profundidad de 0.60 m. Todo esto fue realizado cada 700 metros según las especificaciones dictadas por el Tomo II del libro NEVI-12.

En la Tabla 2.1 se describe la clasificación de las muestras tomadas según su ubicación de lo largo del proyecto.

**Tabla 2.1 Ubicación de muestras a lo largo de la vía**

| Abscisa | Excavación | Peso muestra | Tipo de muestra | Ubicación de la perforación respecto al eje vial. |
|---------|------------|--------------|-----------------|---|
| (Km)    | (m)        | (Kg)         |                 |   |
| 0+500   | 0.6        | 50           | Alterada        | Izquierda   |
| 1+300   | 0.6        | 50           | Alterada        | Centro  |
| 2+100   | 0.6        | 50           | Alterada        | Derecha   |

### 2.2.3 Aforo vehicular.

Para determinar el TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual) se ejecutó el conteo de vehículos en la vía Naranjito – Bucay durante 7 días, de lunes a domingo, 12 horas diarias, de 7:30 AM a 7:30 PM.

### 2.3 Trabajo de laboratorio.

Etapa de análisis de las muestras de suelo tomadas en campo. Entre los ensayos realizados se tienen: Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR.

Se tomaron muestras representativas de calicatas cuadradas (50x50) cm y 60 cm de profundidad cada 700 a lo largo de la vía.

### 2.3.1 Granulometría

El criterio de este ensayo consiste en la separación de las partículas de suelo fino del suelo grueso para determinar el tamaño de los agregados. Para esto, se realiza el lavado de una masa determinada de suelo en el tamiz N° 200 y luego se procede a colocarla en el horno a 105 °C para secar la muestra.

Posteriormente, se realiza el tamizado según las especificaciones de la norma ASTM D422 de la siguiente manera: Tamiz 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°10, N°40, N°50, N°100, N°200, <N°200), colocando los de menor abertura en la parte inferior.

Finalmente se determina el porcentaje de masa retenida en cada uno de los tamices empleados en el ensayo.

Para el estudio efectuado se ensayaron muestras tal como se indica en la Tabla 2.2:

**Tabla 2.2. Masa y ubicación de muestras para ensayo de Granulometría.**

| <b>Masa de muestra (g)</b> | <b>Ubicación de la muestra</b> |
|----------------------------|--------------------------------|
| 280                        | Tramo inicial                  |
| 250                        | Tramo central                  |
| 370                        | Tramo final                    |

Además, se emplearon los tamices N°4, N°10, N°40 y N°200, con su respectivo recipiente fondo. El ensayo se realizó de forma manual y los resultados se describen en el capítulo 3.

### 2.3.2 Límites de Atterberg

#### **Límite Líquido (WL)**

Este parámetro representa el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes efectuados con la copa de Casagrande, de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM D 4318.

El contenido de humedad se determina empleando la siguiente expresión:



$$w(\%) = \frac{W_{r+h} - W_{r+s}}{W_{r+s} - W_r} * 100 \quad (2.1)$$

Donde:

w= Contenido de humedad (%).

Wr= Masa del recipiente (g).

Wr+h= Masa del recipiente más suelo húmedo (g).

Wr+s= Masa del recipiente más suelo seco (g).

### **Límite Plástico (WP)**

Se obtiene calculando el promedio del contenido de humedad para 3 muestras del mismo material, de acuerdo con los especificado en la norma ASTM D 4318.

### **Índice de Plasticidad**

El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico expresado en porcentaje. Este valor representa una medida directa pero no completa de la plasticidad del suelo.

Para su obtención se emplea la siguiente ecuación:

$$Ip = W_L - W_P \quad (2.2)$$

Donde:

Ip= Índice de plasticidad del suelo (%).

WL= Límite líquido de la masa de suelo (%).

WP= Límite plástico de la masa de suelo (%).

### **2.3.3 Compactación (Proctor Modificado)**

Para efectuar este ensayo se colocó una masa de suelo (2 Kg), a un determinado contenido de agua, en cinco capas sucesivas dentro de un molde cilíndrico de 4 pulgadas de diámetro. Cada capa fue compactada a 25 golpes de un pisón de 10 lbf

que caía desde una altura de 18 pulgadas, sometiendo al suelo a una energía de compactación total de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>.

El procedimiento se repitió 5 veces para establecer la relación existente entre el contenido de agua y el peso unitario seco del suelo. Estos parámetros fueron graficados en Excel para formar la curva de compactación y determinar el contenido de agua óptimo y el máximo peso volumétrico seco.

### 2.3.4 California Bearing Ratio (CBR)

La determinación del CBR se realizó en muestras de suelo de 5 Kg con el contenido de humedad óptimo obtenido en el ensayo Proctor Modificado. Estas masas de suelo se colocaron dentro de un molde cilíndrico de 6 pulgadas de diámetro dispuestas en 5 capas sucesivas. Cada capa fue compactada por el martillo de 10 lbf a 12, 25 y 56 golpes. Este ensayo se repitió 3 veces para cada muestra analizada.

Posterior a la compactación, los cilindros son sumergidos en agua por un periodo de 96 horas para determinar su hinchamiento. Se procede a emplear la prensa CBR para someter estas muestras a una carga constante de penetración durante periodos de tiempo establecidos. El objetivo es registrar la lectura del anillo de carga, la cual representa el desplazamiento del pistón dentro de la masa de suelo.

Luego de obtener la lectura del deformímetro, se calcula la carga aplicada a través de la siguiente expresión:

$$F = -506.77Li^3 - 9.2087Li^2 + 450.78Li + 0.0559 \quad (2.3)$$

Donde:

F= Carga aplicada (KN)

Li= Lectura del deformímetro

Se procede a determinar el esfuerzo producido por el anillo de carga, cuya área es de 19.54 cm<sup>2</sup>. Finalmente, el índice CBR (%), será la relación existente entre el esfuerzo calculado y un esfuerzo estándar de penetración de 2.54 mm o 5.08 mm, de los cuales se selecciona el mayor valor.

## **2.4 Trabajo de oficina**

Comprende el procesamiento de los datos topográficos obtenidos en las visitas técnicas y la elaboración de la memoria técnica del proyecto en cuestión. La memoria técnica contiene los siguientes procesos: cálculo de tráfico de diseño, diseño geométrico, diseño de pavimento, diseño de señalética y elaboración de planos arquitectónicos y de detalle.

### **2.4.1 Procesamiento de datos.**

El procesamiento de los datos obtenidos en el levantamiento topográfico fue realizado mediante software de diseño, CIVIL 3D y ARCGIS. A través de estas herramientas fue posible modelar la superficie y el relieve del terreno en el que se encuentra ubicada la vía.

#### **2.4.1.1 Cálculo de tráfico de diseño**

Para el aforo vehicular se dispuso la ubicación de personal obrero en la zona de medición previamente establecida (intersección vía Marcelino Maridueña – Naranjito con Avenida Augusto Ayala). Luego de obtener los datos en campo se realiza la proyección del tráfico a futuro, tomando en cuenta los criterios establecidos en el Tomo II del libro NEVI-12.

##### **2.4.1.1.1 Cálculo de TPDS.**

El tiempo de duración del aforo vehicular fue 5 días, de esta manera se obtiene el TPDS (Tráfico Promedio Diario Semanal):

$$TPDS = \frac{\text{Total de vehículos}}{\text{Tiempo}} \quad (2.4)$$

##### **2.4.1.1.2 Determinación del TPDA.**

En la determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) se han seguido los criterios del MTOP y del libro Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones (por Rafael Cal y Mayor R.), en donde para la obtención del TPDA, el tráfico TPDS deberá ser afectado por los siguientes factores:

1. **Factor de ajuste mensual (Fm).** Este factor es determinado considerando el consumo de combustible en la provincia del Guayas durante el mes de Noviembre.
2. **Factor de ajuste diario (Fd).** Es la relación existente entre el TPDS y el tráfico diario obtenido durante los 7 días de conteo.

**Figura 2.1. Aforo vehicular realizado y determinación del TPDA.**

| AFORO VEHICULAR 1 VÍA BUCAY |          |         |                         |           |                         |                        |         |
|-----------------------------|----------|---------|-------------------------|-----------|-------------------------|------------------------|---------|
|                             | Livianos | Pesados | Extra pesados 1 (3ejes) | 1 (4ejes) | Extra pesados 2 (5ejes) | 2 (6ejes)              | TOTAL   |
| LUNES                       | 1840     | 454     | 18                      | 4         | 5                       | 6                      | 2327    |
| MARTES                      | 1852     | 423     | 22                      | 3         | 6                       | 5                      | 2311    |
| MIÉRCOLES                   | 1803     | 398     | 26                      | 4         | 5                       | 6                      | 2242    |
| JUEVES                      | 1834     | 392     | 28                      | 4         | 4                       | 5                      | 2267    |
| VIERNES                     | 1872     | 432     | 27                      | 2         | 6                       | 4                      | 2343    |
| SÁBADO                      | 1864     | 457     | 17                      | 1         | 3                       | 4                      | 2346    |
| DOMINGO                     | 1832     | 447     | 13                      | 1         | 3                       | 3                      | 2299    |
| TOTAL                       | 12897    | 3003    | 151                     | 19        | 32                      | 33                     | 16135   |
| TPD PROMEDIO                | 1842,43  | 429,00  | 21,57                   | 2,71      | 4,57                    | 4,71                   | 2305,00 |
|                             |          |         |                         |           |                         | TOTAL EN PEAJE CERCAÑO | 16313   |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| FACTOR HORARIO      | 1,011    |
| FACTOR DIARIO       | 1,000    |
| FACTOR SEMANAL      | 1,107    |
| FACTOR MENSUAL      | 0,903    |
| FACTOR DE EXPANSIÓN | 1,010    |
| TPDA                | 2328,539 |

SE LA REALIZÓ DURANTE LOS 7 DIAS

| COMBUSTIBLE           |         |
|-----------------------|---------|
| CONSUMO TOTAL         | 87777   |
| CONSUMO PROMEDIO      | 7314,75 |
| CONSUMO MES DICIEMBRE | 8104    |

**TPDA existente= 379 vehículos/día/ambos sentidos**

#### 2.4.1.2 Diseño geométrico

Para el diseño geométrico en planta se toma en cuenta los siguientes parámetros:

##### 2.4.1.2.1 Tipo de terreno.

De acuerdo con la topografía tomada del sector en estudio se determina la pendiente predominante del sitio a lo largo del eje central de la vía a establecerse, de la cual se obtiene que la pendiente corresponde al tipo de terreno Llano dado que no exige mayor movimiento de tierra.

Hay que tener en cuenta que se dará un elevado movimiento de tierra en ciertos sectores de la vía debido a que actualmente existe una vía de acceso para el personal que trabaja para el Ingenio San Carlos, y el ancho de esa vía no es la misma al del proyecto presente en este documento

### 2.4.1.2.2 Velocidad de diseño

Al momento de establecer la velocidad de diseño se deberá de tener en cuenta el tipo de terreno existente y la homogeneidad de la vía a construirse para considerar los tramos en la que la velocidad puede llegar a ser la misma

Además de considerar el tipo de terreno y la homogeneidad se considera como esencial el TPDA de la vía a diseñarse, para el presente proyecto se obtuvo un TPDA de aproximadamente 400 vehículos por día por ambos sentidos.

Las normas de diseño geométrico para Ecuador están regidas por el MTOP, con respecto a la velocidad de diseño se lo divide para el tipo de terreno y de acuerdo con el TPDA esperado. La Figura 2.3 muestra los valores respectivos para cada tipo de terreno e intervalos de TPDA.

**Figura 2.2. Velocidades de diseño.**

CUADRO IV-1  
VELOCIDADES DE DISEÑO  
(KMH)

| CATEGORÍA DE LA VÍA | TPDA ESPERADO     | VELOCIDAD DE DISEÑO KMH   |          |  |          |   |          |  |          |   |          |  |          |
|---------------------|-------------------|---|----------|--|----------|---|----------|--|----------|---|----------|--|----------|
|                     |                   | BÁSICA  |          |  |          |   |          | PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES   |          |   |          |  |          |
|                     |                   | (RELIEVE LLANO)   |          |  |          | (RELIEVE ONDULADO)  |          |  |          | (RELIEVE MONTAÑOSO)   |          |  |          |
|                     |                   | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal. |          | Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad. |          | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal. |          | Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad. |          | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal. |          | Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad. |          |
|                     |                   | Recom   | Absoluta | Recom  | Absoluta | Recom   | Absoluta | Recom  | Absoluta | Recom   | Absoluta | Recom  | Absoluta |
| R-I o R-II (Tipo)   | > 8000            | 120   | 110      | 100  | 95       | 110   | 90       | 85   | 85       | 90  | 80       | 90   | 80       |
| I                   | Todos 3000-8000   | 110   | 100      | 100  | 90       | 100   | 80       | 90   | 80       | 90  | 80       | 80   | 80       |
| II                  | Todos 1000-8000   | 100   | 90       | 90   | 85       | 90  | 80       | 85   | 80       | 70  | 60       | 70   | 60       |
| III                 | Todos 300-1000    | 90  | 80       | 85   | 80       | 80  | 80       | 80   | 80       | 60  | 40       | 60   | 40       |
| IV                  | TIPO 5, 6E, 6 y 7 | 100-300   | 80       | 80   | 80       | 80  | 35       | 60   | 35       | 60  | 25       | 60   | 25       |
| V                   | 4 y 4E            | < 100   | 80       | 50   | 80       | 50  | 50       | 35   | 50       | 35  | 40       | 25   | 40       |

**Fuente: MTOP.**

De la cual se tiene que para un terreno llano con un TPDA esperado de aproximadamente 400 la velocidad de diseño es de 80Km/h. dando también la categoría de la vía la cual es un Camino Clase III.

La velocidad de circulación se la obtiene mediante relación entre el TPDA y la velocidad de diseño, la cual se obtiene mediante la Figura 2.4.

**Figura 2.3. Relación entre velocidades de Circulación y Diseño.**

| VELOCIDAD DE DISEÑO EN km/h | VELOCIDAD DE CIRCULACION EN KM/h |                                |                          |
|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
|                             | VOLUMEN DE TRANSITO BAJO         | VOLUMEN DE TRANSITO INTERMEDIO | VOLUMEN DE TRANSITO ALTO |
| 25                          | 24                               | 23                             | 22                       |
| 30                          | 28                               | 27                             | 26                       |
| 40                          | 37                               | 35                             | 34                       |
| 50 *                        | 46                               | 44                             | 42                       |
| 60                          | 55                               | 51                             | 48                       |
| 70                          | 63                               | 59                             | 55                       |
| 80                          | 71                               | 66                             | 57                       |
| 90                          | 79                               | 73                             | 59                       |
| 100                         | 86                               | 79                             | 60                       |
| 110                         | 92                               | 85                             | 61                       |

**CUADRO IV.2 RELACIONES ENTRE VELOCIDADES DE CIRCULACION Y DE DISEÑO**

**Fuente: MTOP.**

De la Figura 2.4 se obtiene que con una velocidad de diseño de 80Km/h y un TPDA cercano al límite inferior se tiene que la velocidad de circulación es aproximadamente 70 Km/h

#### **2.4.1.2.3 Radio mínimo de curvatura horizontal**

El radio mínimo en una curvatura horizontal es el menor valor que posibilita la seguridad vial a una velocidad de diseño específica este radio es obtenido en función del peralte máximo adoptado (e) y el coeficiente de fricción lateral (f) el radio mínimo para condiciones de seguridad vial puede ser calculada mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{V^2}{127(e+f)} \quad (2.5)$$

Donde:

R= Radio mínimo de curvatura, m

V= Velocidad de diseño, Km/h

e= peralte máximo adaptado, m/m

f= coeficiente de fricción lateral

Los valores de radios mínimos pueden ser resumidos en una tabla con peraltes adoptados y un coeficiente de fricción máxima establecida. La Figura 2.5 muestra dichos valores.

**Figura 2.4. Radios mínimos de curvas horizontales.**

RADIOS MINIMOS DE CURVAS EN FUNCION DEL PERALTE "e" y DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL "f"

| Velocidad de Diseño<br>km/h | "f"<br>máximo | RADIO MINIMO CALCULADO |        |        |        | RADIO MINIMO RECOMENDADO |        |        |        |
|-----------------------------|---------------|------------------------|--------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|--------|
|                             |               | e=0.10                 | e=0.08 | e=0.06 | e=0.04 | e=0.10                   | e=0.08 | e=0.06 | e=0.04 |
| 20                          | 0.350         |                        | 7.32   | 7.06   | 8.08   |                          | 18     | 20     | 20     |
| 25                          | 0.316         |                        | 12.46  | 13.12  | 13.86  |                          | 20     | 25     | 25     |
| 30                          | 0.284         |                        | 19.47  | 20.80  | 21.87  |                          | 25     | 30     | 30     |
| 35                          | 0.256         |                        | 28.79  | 30.82  | 32.70  |                          | 30     | 35     | 35     |
| 40                          | 0.221         |                        | 41.86  | 44.85  | 48.27  |                          | 42     | 45     | 50     |
| 45                          | 0.206         |                        | 56.76  | 59.94  | 64.82  |                          | 55     | 60     | 65     |
| 50                          | 0.190         |                        | 72.91  | 78.74  | 85.69  |                          | 75     | 80     | 90     |
| 60                          | 0.166         | 105.97                 | 115.70 | 125.98 | 138.28 | 110                      | 120    | 130    | 140    |
| 70                          | 0.150         | 154.33                 | 167.75 | 183.73 | 203.07 | 180                      | 170    | 185    | 205    |
| 80                          | 0.140         | 209.97                 | 229.06 | 251.97 | 278.97 | 210                      | 230    | 255    | 280    |
| 90                          | 0.134         | 272.55                 | 298.04 | 328.76 | 366.66 | 275                      | 300    | 330    | 370    |
| 100                         | 0.130         | 342.35                 | 374.95 | 414.42 | 463.18 | 350                      | 375    | 415    | 485    |
| 110                         | 0.124         | 426.34                 | 497.04 | 517.80 | 580.95 | 430                      | 470    | 520    | 595    |
| 120                         | 0.120         | 516.39                 | 598.93 | 629.92 | 706.86 | 520                      | 570    | 630    | 710    |

No La: Se podrá utilizar un radio mínimo de 15m, siempre y cuando se trate de:  
 - Aprovechar infraestructuras existentes.  
 - Relieve difícil (escarpado).  
 - Caminos de bajo costo.

**. Fuente: MTOP.**

Los valores de radio mínimo recomendado se los pueden adoptar siempre que sea por uno de los siguientes criterios:

- Cuando la topografía del terreno es montañosa.
- En las intersecciones entre caminos
- En vías urbanas.

Se pueden adoptar los valores de radio mínimo recomendado dado que la vía cumple con uno de esos criterios el cual es que la vía corresponde a una vía urbana.

Para una velocidad de diseño de 80Km/h con una fricción lateral máxima de 0,140 y un peralte máximo de 0,06 o 6% se tiene un radio mínimo recomendado de 256m.

**2.4.1.2.4 Magnitud del peralte**

Para vías de dos carriles se recomienda usar un peralte máximo del 10% esto es para carreteras cuya conformación de rodadura es una carpeta asfáltica o de concreto cuyo diseño es para velocidades mayores a 50Km/h y se recomienda un

peralte máximo del 8% para caminos vecinales del tipo 4, 5 y 6 cuya velocidad de diseño no supera los 50Km/h

#### 2.4.1.2.5 Curvas de transición.

Son curvas que unen la tangente con la curva circular de una forma gradual, que permite a su vez el desarrollo gradual tanto del peralte como del sobreechancho

- **Longitud mínima de transición**  
Sirve para realizar la transición de las pendientes transversales, entre una sección con peralte y una sección normal
- **Longitud tangencial**  
Es la longitud necesaria para para que en la tangente se empiece a inclinar transversalmente la calzada a partir de un punto ubicado antes del inicio de la transición con el fin de que la calzada pase de estar inclinada por su bombeo a estar totalmente horizontal al inicio de la transición.

**Figura 2.5. Longitud mínima de transición.**

**LONGITUD MINIMA DE TRANSICION EN FUNCION DEL PERALTE MAXIMO "e"**  
(Valores recomendables)

| Velocidad de diseño<br>km/h | Pendiente de Borde<br>% | Ancho de calzada<br>(7,30 m (2 x 3,65 m)) |      |      |      | Valor de la Longitud Tangencial |      |      |      |
|-----------------------------|-------------------------|---|------|------|------|---------------------------------|------|------|------|
|                             |                         | e   |      |      |      | e                               |      |      |      |
|                             |                         | 0,10                                      | 0,08 | 0,06 | 0,04 | 0,10                            | 0,08 | 0,06 | 0,04 |
| Bombeo = 2 %                |                         |   |      |      |      |                                 |      |      |      |
| 20                          | 0,800                   |   |      |      |      |                                 |      |      |      |
| 25                          | 0,775                   |   |      |      |      |                                 |      |      |      |
| 30                          | 0,750                   |   |      |      |      |                                 |      |      |      |
| 35                          | 0,725                   |   |      |      |      |                                 |      |      |      |
| 40                          | 0,700                   |   | 42   | 31   | 21   |                                 | 10   | 10   | 10   |
| 45                          | 0,675                   |   | 43   | 32   | 22   |                                 | 11   | 11   | 11   |
| 50                          | 0,650                   |   | 45   | 34   | 22   |                                 | 11   | 11   | 11   |
| 60                          | 0,600                   | 61  | 48   | 37   | 24   | 12                              | 12   | 12   | 12   |
| 70                          | 0,550                   | 66  | 53   | 40   | 27   | 13                              | 13   | 13   | 13   |
| 80                          | 0,500                   | 73  | 59   | 44   | 29   | 15                              | 15   | 15   | 15   |
| 90                          | 0,470                   | 78  | 62   | 47   | 31   | 16                              | 16   | 16   | 16   |
| 100                         | 0,430                   | 85  | 68   | 51   | 34   | 17                              | 17   | 17   | 17   |
| 110                         | 0,400                   | 91  | 73   | 55   | 37   | 18                              | 18   | 18   | 18   |
| 120                         | 0,370                   | 99  | 79   | 59   | 39   | 20                              | 20   | 20   | 20   |

CUADRO V.3

**Fuente: MTOP.**

En la Figura 2.6 se observan valores de longitud mínima de transición para un peralte máximo adoptado y valores de longitud tangencial, de acuerdo con la velocidad de diseño.



Se tiene que para una velocidad de diseño de 80Km/h y peralte máximo adoptado del 6%, con anchos de calzada establecidos de 3,65m de ancho con 2 carriles, lo siguiente: longitud mínima de transición de 44m y longitud tangencial de 15m

#### 2.4.1.2.6 Radios mínimos para los cuales no se requiere las curvas de transición.

Para una velocidad de 80Km/h se deberán tener radios mínimos de 700m para evitar el uso de curvas de transición de acuerdo con la siguiente ilustración:

**Figura 2.6. Radios mínimos para evitar curvas de transición.**

**CUADRO V . 11**

| $V^0$ . Km/h | $R^{MIN}$ PARA NO INTRODUCIR TRANSICIONES, m |
|--------------|--|
| 30           | 90   |
| 40           | 160  |
| 50           | 250  |
| 60           | 400  |
| 70           | 500  |
| 80           | 700  |
| 90           | 800  |
| 100          | 1000   |
| 110          | 1200   |
| 120          | 1500   |

**Fuente: MTOP.**

Peralte, sobreebanco y longitudes para el desarrollo de una carretera de 2 carriles con ancho de 7,30m y velocidad de diseño de 80Km/h

#### 2.4.1.2.7 Resumen de los elementos de las curvas horizontales para Bypass Naranjito

Resumen de los datos resultantes del diseño horizontal de la vía son mostrados en la tabla a continuación.

La cual contiene lo correspondiente al trazado longitudinal de la vía con respecto a las curvas adoptadas para el proyecto en estudio.

**Tabla 2.3. Elementos de curvas para Bypass Naranjito.**

| TABLA DE ELEMENTOS DE CURVAS |               |          |          |          |                    |          |          |            |           |
|------------------------------|---------------|----------|----------|----------|--------------------|----------|----------|------------|-----------|
| N° CURVA                     | DIRECCIÓN     | DELTA    | RADIO    | TANGENTE | LONGITUD DE CUERDA | PC       | PT       | PI NORTE   | PI ESTE   |
| PI 1                         | N46° 25' 49"E | 4°09'07" | 600.000  | 21.748   | 43.468             | 0+104.18 | 0+147.66 | 9758747.38 | 671429.51 |
| PI 2                         | N45° 42' 47"E | 5°35'11" | 400.000  | 19.515   | 38.985             | 0+968.04 | 1+007.04 | 9759318.25 | 672074.90 |
| PI 3                         | N39° 47' 37"E | 6°15'09" | 400.000  | 21.847   | 43.630             | 1+238.20 | 1+281.85 | 9759517.82 | 672260.48 |
| PI 4                         | N39° 05' 56"E | 4°51'47" | 800.000  | 33.971   | 67.881             | 1+418.56 | 1+486.46 | 9759672.26 | 672375.45 |
| PI 5                         | N41° 15' 14"E | 0°33'10" | 2000.000 | 9.046    | 19.292             | 1+997.58 | 2+016.87 | 9760087.53 | 672743.25 |

Fuente: Carangui - Saldarriaga

Figura 2.8. Resumen de valores a adoptar para diseño.

**CUADRO DE PERALTES, SOBREANCHOS Y LONGITUDES X, L PARA EL DESARROLLO  
CARRETERA DE 2 CARRILES - ANCHO DE VIA 7,30 m**

|                           |      |                         |       |
|---------------------------|------|-------------------------|-------|
| Velocidad de diseño (Kph) | 80   | Gradiente Longitudinal  | 0,50  |
| Ancho de vía (m)          | 7,30 | Pendiente de la vía (%) | 2,00  |
|                           |      | Peralte máximo (%)      | 10,00 |

| Radio (m) | Peralte (%) | Sobreeancho (m) | Longitud X (m) | Longitud de transición L (m) |        |
|-----------|-------------|-----------------|----------------|------------------------------|--------|
|           |             |                 |                | Mínima                       | Máxima |
| 210       | 10,0        | 0,50            | 15             | 73                           | 83     |
| 250       | 9,6         | 0,41            | 15             | 70                           | 78     |
| 275       | 9,3         | 0,37            | 15             | 68                           | 75     |
| 300       | 9,0         |                 | 15             | 66                           | 66     |
| 350       | 8,4         |                 | 15             | 61                           | 61     |
| 400       | 7,8         |                 | 15             | 57                           | 57     |
| 435       | 7,4         |                 | 15             | 54                           | 54     |
| 460       | 7,2         |                 | 15             | 53                           | 53     |
| 500       | 6,7         |                 | 15             | 49                           | 49     |
| 535       | 6,4         |                 | 15             | 47                           | 47     |
| 600       | 5,8         |                 | 15             | 42                           | 42     |
| 700       | 5,0         |                 | 15             | 37                           | 37     |
| 750       | 4,8         |                 | 15             | 35                           | 35     |
| 800       | 4,5         |                 | 15             | 33                           | 33     |
| 900       | 4,0         |                 | 15             | 29                           | 29     |
| 1000      | 3,6         |                 | 15             | 26                           | 26     |
| 1100      | 3,3         |                 | 15             | 24                           | 24     |
| 1200      | 3,1         |                 | 15             | 23                           | 23     |
| 1300      | 2,9         |                 | 15             | 21                           | 21     |
| 1400      | 2,7         |                 | 15             | 20                           | 20     |
| 1500      | 2,5         |                 | 15             | 18                           | 18     |
| 1600      | 2,4         |                 | 15             | 18                           | 18     |
| 1700      | 2,3         |                 | 15             | 17                           | 17     |
| 1800      | 2,1         |                 | 15             | 15                           | 15     |
| 1900      | C.P         |                 | 15             | 15                           | 15     |
| 2000      | S.N         |                 |                |                              |        |

S.N = Sección Normal      C.P = Curva con Peralte

DIAGRAMA DE TRANSICIÓN DEL PERALTE  
CURVA CIRCULAR

TRANSICIÓN DEL PERALTE Y SOBREEANCHO  
CURVA CIRCULAR

Fuente: MTOP Normas de diseño geométrico de carreteras 2003.

#### 2.4.1.2.8 Diseño de secciones transversal tipo

El diseño de la sección transversal tipo depende casi en su totalidad de el volumen de tránsito y del terreno, lo cual viene unido a la velocidad de diseño

#### Ancho de la sección transversal tipo

Para determinar el ancho de la sección transversal tipo se requiere dimensionar las partes que las comportan como son:

- Ancho de calzada
- Ancho de espaldones
- Cunetas
- Taludes interiores

Estos anchos se extienden hasta los taludes exteriores.

#### 2.4.1.2.9 Ancho de calzada

El ancho de calzada es determinado de acuerdo con el volumen de tráfico o TPDA. En la siguiente ilustración se muestran valores adaptados para el ancho de calzada de Ecuador.

**Figura 2.9. Anchos de calzada.**

**CUADRO VIII-1**

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

**Fuente: MTOP.**

De lo cual se tiene que con un TPDA del presente estudio el cual es cercano a los 400 con clase de carretera tipo III se tiene un ancho recomendable de 6,70m

### 2.4.1.2.10 Ancho de espaldones

Entre las funciones principales de los espaldones se tiene:

Proporcionan un espacio para que los vehículos puedan estacionarse temporalmente por algún desperfecto

Les otorgan a los conductores una cierta comodidad debido a que dan sensación de amplitud en la vía.

El ancho de los espaldones se lo puede obtener en base al tipo de carretera para el Ecuador lo cual se observa en la Figura 2.10:

**Figura 2.10. Ancho de espaldones.**

**CUADRO VIII-2**

| VALORES DE DISEÑO PARA EL ANCHO DE ESPALDONES (Metros)   |  |        |       |          |        |        |
|--|--|--------|-------|----------|--------|--------|
| Clase de Carretera   | Ancho de Espaldones (m)  |        |       |          |        |        |
|  | Recomendable   |        |       | Absoluto |        |        |
|  | L  | O      | M     | L        | O      | M      |
|  | (1,2)  | (1,2)  | (1,2) | (1,2)    | (1,2)  | (1,2)  |
| R-I o R-II > 8000 TPDA   | 3,0 *  | 3,0 *  | 2,5 * | 3        | 3,0 *  | 2,0 *  |
| I 3000 a 8000 TPDA   | 2,5 *  | 2,5 *  | 2,0 * | 2,5 **   | 2,0 ** | 1,5 ** |
| II 1000 a 3000 TPDA  | 2,5 *  | 2,5 *  | 1,5 * | 2,5      | 2,0    | 1,5    |
| III 300 a 1000 TPDA  | 2,0 **   | 1,5 ** | 1,0 * | 1,5      | 1,0    | 0,5    |
| IV 100 a 300 TPDA  | 0,6  | 0,6    | 0,6   | 0,6      | 0,6    | 0,6    |
| V Menos de 100 TPDA  | Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura (no se considera el espaldón como tal) |        |       |          |        |        |
| L = Terreno Llano      O = Terreno Ondulado      M = Terreno Montañoso   |  |        |       |          |        |        |
| * 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 |  |        |       |          |        |        |
| ** Se recomienda que el espaldón debe pavimentarse con el mismo material de la capa de rodadura del camino correspondiente. (ver nota 5/ del cuadro general de calificación)     |  |        |       |          |        |        |

**Fuente: MTOP.**

De lo cual se obtiene que para una carretera de tipo III y terreno llano para valores absolutos un ancho de 1,5 metros de ancho de espaldón.

### Gradiente transversal para espaldones

La gradiente transversal para Ecuador está ligada a la clase de la carretera mediante el TPDA esperado, para el presente estudio el TPDA se aproxima a 400 por lo que se adopta una gradiente transversal recomendada de 4,00%. Este valor es observado en la Figura 2.11.

**Figura 2.11. Gradiente transversal de espaldones.**

**CUADRO VIII-3**

| <b>GRADIENTE TRANSVERSAL PARA ESPALDONES (PORCENTAJES)</b> |   |                         |
|--|---|-------------------------|
| Clase de Carretera   | Tipos de Superficie (m)   | Gradiente Transversal % |
| R-I o R-II > 8000 TPDA                                     | Carpeta de concreto asfáltico   | 4,00                    |
| I 3000 a 8000 TPDA   | Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o carpeta                 | 4,00                    |
| II 1000 a 3000 TPDA  | Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o superficie estabilizada | 4,00                    |
| III 300 a 1000 TPDA  | Superficie estabilizada, grava  | 4,00                    |
| IV 100 a 300 TPDA  | D.T.S.B. O capa granular  | 4,00                    |

. Fuente: MTOP.

#### 2.4.1.2.11 Alineamiento vertical

##### Gradiente máxima

En función de la velocidad de circulación la NEVI 12 recomienda los siguientes valores para gradiente máxima de acuerdo con tipo de orografía existente.

**Figura 2.7. Gradiente transversal de espaldones.**

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

**Fuente: NEVI – 12. Normas para estudios viales 2012**

De lo cual se tiene que para una velocidad de 70Km/h y terreno llano la pendiente longitudinal máxima es de 7%

##### Curvas cóncavas y curvas convexas

Para el cálculo respectivo de la curva convexa de deberá de usar la siguiente ecuación:

$$L_{cv} = \frac{A * S^2}{426} = K * A$$

En donde se deberá de tener en cuenta la distancia de visibilidad de frenado de un auto.

En donde S corresponderá a dicha distancia de frenado

A: Corresponde a la diferencia algebraica de pendientes existentes antes y después de la curva

Lcv: Corresponde a la longitud de curva

Las distintas distancias de visibilidad son obtenidas mediante la siguiente tabla en la cual se encuentra en relación con la velocidad de diseño.

**Figura 2.8. Índice para el cálculo de longitudes de curva convexa.**

| Velocidad (Km/h) | Longitud Controlada por Visibilidad de Frenado |                       | Longitud Controlada por Visibilidad de Adelantamiento |                       |
|------------------|--|-----------------------|---|-----------------------|
|                  | Distancia de visibilidad de frenado (m)        | Indice de Curvatura K | Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)        | Indice de Curvatura K |
| 20               | 20   | 0,6                   | -   | -                     |
| 30               | 35   | 1,9                   | 200   | 46                    |
| 40               | 50   | 3,8                   | 270   | 84                    |
| 50               | 65   | 6,4                   | 345   | 138                   |
| 60               | 85   | 11                    | 410   | 195                   |
| 70               | 105  | 17                    | 485   | 272                   |
| 80               | 130  | 26                    | 540   | 338                   |
| 90               | 160  | 39                    | 615   | 438                   |

El indice de curvatura es la Longitud (L) de la curva de las pendientes (A) K= L/A por el porcentaje de la diferencia algebraica

**Fuente: NEVI – 12. Normas para estudios viales 2012**

Para el cálculo respectivo de la curva cóncava se deberá de tener en cuenta que esta longitud sea lo suficientemente extensa de tal forma que la longitud de los rayos de luz de los faros esté cercana a la visibilidad de frenado.

La ecuación usada para este caso es la siguiente:

$$L_{cv} = \frac{A * S^2}{122 + 3.5 * S} = K * A$$

En donde S corresponderá a dicha distancia de frenado considerando las luces de los faros de el vehículo que se acerca.

A: Corresponde a la diferencia algebraica de pendientes existentes antes y después de la curva

Lcv: Corresponde a la longitud de curva

De la misma manera se establecen los valores correspondientes a S para la determinación de la longitud de curva cóncava mínima.

**Figura 2.94. Índice para el cálculo de longitudes de curva cóncava.**

| Velocidad (Km/h) | Distancia de visibilidad de frenado (m) | Índice de Curvatura K |
|------------------|---|-----------------------|
| 20               | 20                                      | 3                     |
| 30               | 35                                      | 6                     |
| 40               | 50                                      | 9                     |
| 50               | 65                                      | 13                    |
| 60               | 85                                      | 18                    |
| 70               | 105                                     | 23                    |
| 80               | 130                                     | 30                    |
| 90               | 160                                     | 38                    |

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A)  $K = L/A$  por el porcentaje de la diferencia algebraica

**Fuente: NEVI – 12. Normas para estudios viales 2012**

#### **2.4.1.2.12 Resumen de curvas verticales para Bypass Naranjito**

A continuación, se muestran los resultados del diseño para las curvas verticales adoptadas para el proyecto del diseño del Bypass Naranjito

**Tabla 2.4. Tabla resumen de curvas verticales Bypass Naranjito.**

**CURVA 1**      Concava

| CURVAS VERTICALES | Abscisaje  | cota    |
|-------------------|------------|---------|
| PC                | 43,44      | 88,4635 |
| PI                | 78,44      | 88,012  |
| PT                | 113,44     | 88,033  |
| LC                | 70         |         |
| m1                | -1,29      |         |
| m2                | 0,06       |         |
| A                 | 1,35       |         |
| K                 | 9,6429E-05 |         |

**CURVA 5**      Concavo

| CURVAS VERTICALES | Abscisaje | cota    |
|-------------------|-----------|---------|
| PC                | 1171,6    | 42,0345 |
| PI                | 1216,6    | 41,58   |
| PT                | 1261,6    | 41,81   |
| LC                | 90        |         |
| m1                | -1,01     |         |
| m2                | 0,52      |         |
| A                 | 1,53      |         |
| K                 | 0,000085  |         |

**CURVA 2**      Convexo

| CURVAS VERTICALES | Abscisaje  | cota    |
|-------------------|------------|---------|
| PC                | 637,56     | 65,191  |
| PI                | 672,56     | 65,212  |
| PT                | 707,56     | 65,0825 |
| LC                | 70         |         |
| m1                | 0,06       |         |
| m2                | -0,37      |         |
| A                 | 0,43       |         |
| K                 | 3,0714E-05 |         |

**CURVA 6**      Convexo

| CURVAS VERTICALES | Abscisaje  | cota   |
|-------------------|------------|--------|
| PC                | 1285,26    | 41,164 |
| PI                | 1365,26    | 41,58  |
| PT                | 1445,26    | 41,73  |
| LC                | 160        |        |
| m1                | 0,52       |        |
| m2                | 0,19       |        |
| A                 | 0,33       |        |
| K                 | 1,0313E-05 |        |

**CURVA 3**      Concavo

| CURVAS VERTICALES | Abscisaje | cota   |
|-------------------|-----------|--------|
| PC                | 795,9     | 36,486 |
| PI                | 815,9     | 36,412 |
| PT                | 835,9     | 36,446 |
| LC                | 40        |        |
| m1                | -0,37     |        |
| m2                | 0,17      |        |
| A                 | 0,54      |        |
| K                 | 0,0000675 |        |

**CURVA 7**      Concavo

| CURVAS VERTICALES | Abscisaje | cota   |
|-------------------|-----------|--------|
| PC                | 1487,6    | 41,542 |
| PI                | 1507,6    | 41,58  |
| PT                | 1527,6    | 41,58  |
| LC                | 40        |        |
| m1                | 0,19      |        |
| m2                | 0,01      |        |
| A                 | 0,18      |        |
| K                 | 0,0000225 |        |

**CURVA 4**      Convexo

| CURVAS VERTICALES | Abscisaje  | cota   |
|-------------------|------------|--------|
| PC                | 982,52     | 41,444 |
| PI                | 1062,52    | 41,58  |
| PT                | 1142,52    | 40,77  |
| LC                | 160        |        |
| m1                | 0,17       |        |
| m2                | -1,01      |        |
| A                 | 1,18       |        |
| K                 | 3,6875E-05 |        |

**CURVA 8**      Concavo

| CURVAS VERTICALES | Abscisaje  | cota  |
|-------------------|------------|-------|
| PC                | 2020       | 41,57 |
| PI                | 2120       | 41,58 |
| PT                | 2220       | 41,72 |
| LC                | 200        |       |
| m1                | 0,01       |       |
| m2                | 0,14       |       |
| A                 | 0,13       |       |
| K                 | 0,00000325 |       |



### 2.4.1.3 Dimensionamiento de obras de drenaje

#### 2.4.1.3.1 Diseño de cunetas

Para diseñar las cunetas laterales se empleará el método racional descrito en el capítulo 1, y se adoptará una sección triangular por las facilidades que presenta para su dimensionamiento.

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad (2.6)$$

(Donde:

Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de precipitación (mm/h)

A: Área de aportación de la cuenca (Ha)

Además, se empleará la ecuación de Manning, que relaciona la velocidad del flujo con la siguiente expresión:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad (2.7)$$

Donde

V: Velocidad de flujo (m/s)

R= Radio hidráulico de la sección transversal (m)

S= Pendiente longitudinal de la cuneta (mm/mm)

N= Coeficiente de rugosidad de Manning.

El radio hidráulico de la sección se determina empleando la siguiente ecuación:

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.7)$$

Donde:

R= Radio hidráulico

A= Área mojada de la sección transversal

P= Perímetro mojado de la sección transversal

Mediante la ecuación de continuidad es posible determinar la velocidad conociendo el caudal.

$$Q=A*V \quad (2.8)$$

Donde:

Q= Caudal (m<sup>3</sup>/s)

A= Área de la sección

V= Velocidad del flujo (m/s)

Para el cálculo de las áreas de aportación se tomará en cuenta únicamente el ancho de media calzada, debido a que no se presentan taludes de corte a los lados de la vía. La Tabla

**Tabla 2.5. Área de aportación para cunetas.**

| Drenaje de cunetas |                |             |              |           |                         |          |              |                                   |
|--------------------|----------------|-------------|--------------|-----------|-------------------------|----------|--------------|-----------------------------------|
| ID                 | Abscisa inicio | Abscisa fin | Longitud (m) | Ancho (m) | Área de aportación (Ha) | I (mm/h) | C (Hormigón) | Q agua lluvia (m <sup>3</sup> /s) |
| 1                  | 0+000          | 0+250       |              |           |                         |          |              |                                   |
| 2                  | 0+250          | 0+500       |              |           |                         |          |              |                                   |
| 3                  | 0+500          | 0+750       |              |           |                         |          |              |                                   |
| 4                  | 0+750          | 1+000       |              |           |                         |          |              |                                   |
| 5                  | 1+000          | 1+250       |              |           |                         |          |              |                                   |
| 6                  | 1+250          | 1+500       | 250          | 3,65      | 0,09125                 | 191      | 0,65         | 0,031                             |
| 7                  | 1+500          | 1+750       |              |           |                         |          |              |                                   |
| 8                  | 1+750          | 2+000       |              |           |                         |          |              |                                   |
| 9                  | 2+000          | 2+250       |              |           |                         |          |              |                                   |
| 10                 | 2+250          | 2+500       |              |           |                         |          |              |                                   |
| 11                 | 2+500          | 2+750       |              |           |                         |          |              |                                   |

**Tabla 2.6. Área de aportación de zanjas existentes.**

| Drenaje de zanjas existentes |                |             |                        |        |              |       |                                   |
|------------------------------|----------------|-------------|------------------------|--------|--------------|-------|-----------------------------------|
| No zanja                     | Abscisa inicio | Abscisa fin | Área (m <sup>2</sup> ) | I (mm) | C (Hormigón) | t (h) | Q agua lluvia (m <sup>3</sup> /s) |
| 1                            | 0+150          | 0+500       | 1400                   | 191    | 0,65         | 1     | 0,048                             |
| 2                            | 0+520          | 0+850       | 1320                   | 191    | 0,65         | 1     | 0,046                             |
| 3                            | 0+870          | 1+370       | 2500                   | 191    | 0,65         | 1     | 0,086                             |
| 4                            | 1+390          | 1+900       | 3060                   | 191    | 0,65         | 1     | 0,106                             |
| 5                            | 2+300          | 2+640       | 340                    | 191    | 0,65         | 1     | 0,012                             |

Considerando que la cuneta es paralela a la calzada, se adoptará la misma pendiente que esta para efectos de diseño. Tomando en cuenta que la superficie del pavimento es de concreto, se tomará un valor de coeficiente de escurrimiento igual a 0.90.

Según recomendaciones del MTOP, la intensidad de precipitación máxima para vías urbanas en un periodo de retorno de 100 años con un tiempo de concentración unitaria máximo de 1 minuto es  $I =$

#### **2.4.1.3.2 Diseño de alcantarillas**

El MTOP describe múltiples aspectos que se debe considerar durante el diseño de alcantarillas; para alcantarillas de cruce se debe seleccionar de acuerdo con las disposiciones generales, su pendiente, considerando las condiciones para un buen cruce, usualmente se colocan cada 200 o 250 m aproximadamente, y en las alcantarillas de paso su ubicación será de acuerdo con las quebradas y accidentes naturales, tomando en cuenta las condiciones para un buen paso.

Condiciones de un buen paso:

- Que el cauce del rio en esa zona sea permanente.
- Que el cruce se haga en una zona recta, y
- Que el ancho sea el menor posible.

Para el presente proyecto se emplearán alcantarillas metálicas circulares de diámetros comerciales de acuerdo con los requerimientos de diseño. La selección de este tipo de alcantarillas se debe a las facilidades que brindan durante las etapas

de construcción, operación y mantenimiento, además que son de bajo costo respecto a otros materiales de fabricación.

### **Alcantarillas de paso**

Para el diseño de alcantarillas circulares se empleará el análisis de los caudales de aportación, con un caudal de diseño para tubería parcialmente llena  $Q'$ . Este valor se relacionará con el caudal a tubería llena ( $Q_{\text{lleno}}$ ), el cual es obtenido a través de la ecuación de continuidad, en donde el área es producto de un diámetro comercial y la velocidad se determina con la ecuación Ec 2.5.

En conductos circulares que trabajan a sección llena, es decir, a presión, el radio hidráulico dependerá del diámetro  $D$ , tal como indica la siguiente expresión:

$$R = \frac{D}{4} \quad (2.9)$$

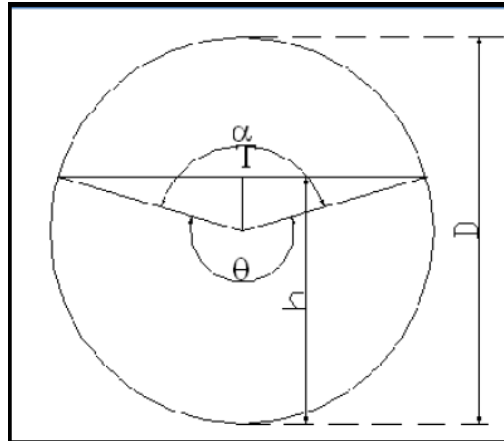
Reemplazando esta relación en la ecuación de Manning, se tiene siguientes las ecuaciones para caudal y velocidad respectivamente.

$$V = 0.397 \frac{D^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad (2.10)$$

$$Q = 0.312 \frac{D^{8/3} S^{1/2}}{n} \quad (2.11)$$

Para la determinación del caudal a tubo parcialmente lleno se debe obtener el radio hidráulico crítico  $R_c$ , empleando expresiones establecidas para secciones circulares, tal como se describe a continuación:

Figura 2.15. Parámetros de diseño a tubería parcialmente llena.



Donde:

Área hidráulica crítica

$$A = \frac{1}{8} (\theta - \sin \theta) D^2 \quad (2.12)$$

Perímetro hidráulico crítico

$$R = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right) \quad (2.13)$$

Se asumirá un valor  $\theta=270$  grados.

Finalmente, la velocidad y el caudal a tubería parcialmente llena se obtienen reemplazando las ecuaciones Ec 2.11, Ec 2.12 en Ec 2.4 y Ec 2.5 respectivamente se tienen las siguientes expresiones:

$$V = 0.397 \frac{D^{2/3}}{n} \left( 1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right) S^{1/2} \quad (2.14)$$

$$Q = \frac{D^{8/3} S^{1/2}}{45598.02 n \theta^{3/2}} (2\pi\theta - 360 \sin \theta)^{5/3} \quad (2.15)$$

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### Ensayos de suelo realizados en el laboratorio

En la Tabla 3.7 se detallan los resultados obtenidos en los diferentes ensayos de laboratorio realizados en el material de fundación.

**Tabla 3.1 - Resultados obtenidos en los diferentes ensayos**

| Abscisa         |               | 0+500      | 1+300      | 2+100      |
|-----------------|---------------|------------|------------|------------|
| Ensayo          |               | Subrasante | Subrasante | Subrasante |
| Límite Líquido  |               | 20.35      | 21         | 20.7       |
| Límite Plástico |               | 13.55      | 14.22      | 12.83      |
| Índice Plástico |               | 6.75       | 6.78       | 7.87       |
| Proctor         | Densidad seca | 2218       | 1946.85    | 1962       |
|                 | % de humedad  | 5.6        | 10.35      | 11         |
| CBR             |               | 66.25      | 52.18      | 42.352     |

En la tabla 3.8 se presenta una comparación entre los resultados obtenidos en laboratorio vs MTOP. Se puede observar que el material de la subrasante cumple con las especificaciones establecidas por el MTOP, en el cual se indica que el límite de plasticidad debe ser menor a 9% y el valor de CBR mayor a 20%, por lo tanto, se cumple con los requerimientos mínimos indicados para estos parámetros.

**Tabla 3.2 - Comparación datos obtenidos en laboratorio y datos MTOP**

| Abscisa         |               | 0+500      | 1+300      | 2+100      | Parámetros MTOP |
|-----------------|---------------|------------|------------|------------|-----------------|
| Ensayo          |               | Subrasante | Subrasante | Subrasante | Subrasante      |
| Límite Líquido  |               | 20.35 %    | 21 %       | 20.7       | <35%            |
| Límite Plástico |               | 13.55 %    | 14.22 %    | 12.83      |                 |
| Índice Plástico |               | 6.75 %     | 6.78 %     | 7.87       | <9%             |
| Proctor         | Densidad seca | 2218       | 1946.85    | 1962       |                 |
|                 | % de humedad  | 5.6 %      | 10.35 %    | 11 %       |                 |
| CBR             |               | 66.25 %    | 52.18 %    | 42.352 %   | >=20%           |

## Conteo vehicular

A continuación, se presenta la Tabla 3.3, la cual corresponde al aforo realizado en la vía Bucay durante el periodo comprendido entre el 03 al 09 de diciembre del 2018

**Tabla 3.3 - Aforo vehicular en Vía Bucay**

| AFORO VEHICULAR 1 VÍA BUCAY |              |             |                         |           |                         |                               |              |
|-----------------------------|--------------|-------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------------|--------------|
|                             | Livianos     | Pesados     | Extra pesados 1 (3ejes) | 1 (4ejes) | Extra pesados 2 (5ejes) | 2 (6ejes)                     | TOTAL        |
| LUNES                       | 1840         | 454         | 18                      | 4         | 5                       | 6                             | 2327         |
| MARTES                      | 1852         | 423         | 22                      | 3         | 6                       | 5                             | 2311         |
| MIÉRCOLES                   | 1803         | 398         | 26                      | 4         | 5                       | 6                             | 2242         |
| JUEVES                      | 1834         | 392         | 28                      | 4         | 4                       | 5                             | 2267         |
| VIERNES                     | 1872         | 432         | 27                      | 2         | 6                       | 4                             | 2343         |
| SÁBADO                      | 1864         | 457         | 17                      | 1         | 3                       | 4                             | 2346         |
| DOMINGO                     | 1832         | 447         | 13                      | 1         | 3                       | 3                             | 2299         |
| <b>TOTAL</b>                | <b>12897</b> | <b>3003</b> | <b>151</b>              | <b>19</b> | <b>32</b>               | <b>33</b>                     | <b>16135</b> |
| TPD PROMEDIO                | 1842,43      | 429,00      | 21,57                   | 2,71      | 4,57                    | 4,71                          | 2305,00      |
|                             |              |             |                         |           |                         | <b>TOTAL EN PEAJE CERCANO</b> | <b>16313</b> |

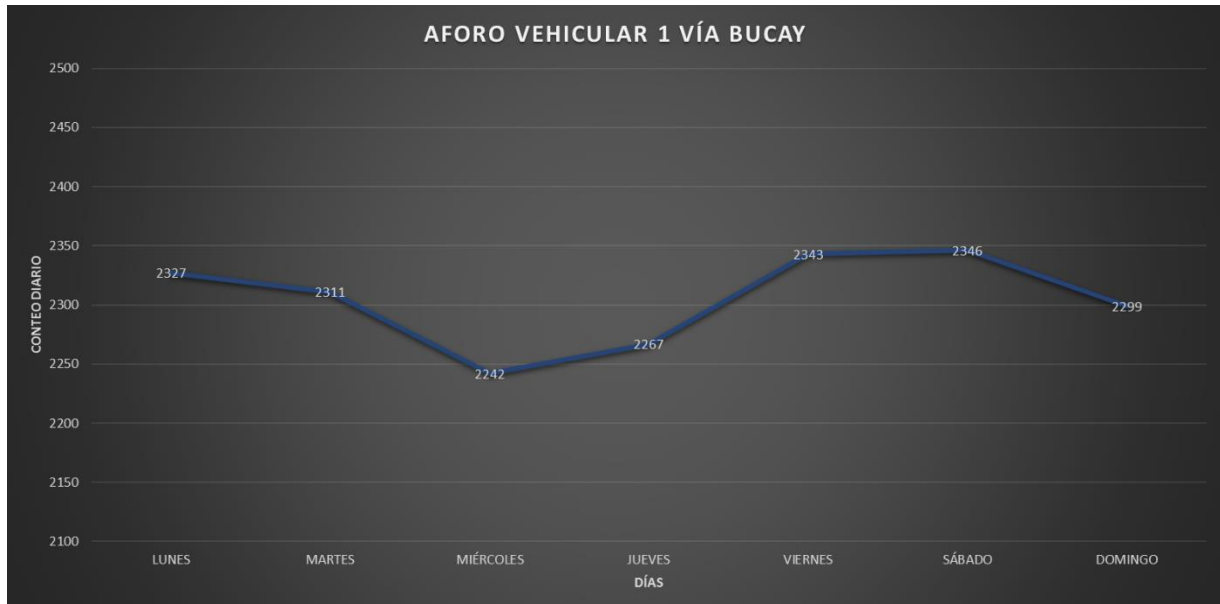
  

|                     |          |
|---------------------|----------|
| FACTOR HORARIO      | 1,011    |
| FACTOR DIARIO       | 1,000    |
| FACTOR SEMANAL      | 1,107    |
| FACTOR MENSUAL      | 0,903    |
| FACTOR DE EXPANSIÓN | 1,010    |
| TPDA                | 2328,539 |

SE LA REALIZÓ DURANTE LOS 7 DIAS

| COMBUSTIBLE           |         |
|-----------------------|---------|
| CONSUMO TOTAL         | 87777   |
| CONSUMO PROMEDIO      | 7314,75 |
| CONSUMO MES DICIEMBRE | 8104    |

**Figura 3.1. Aforo vehicular en Vía Bucay**



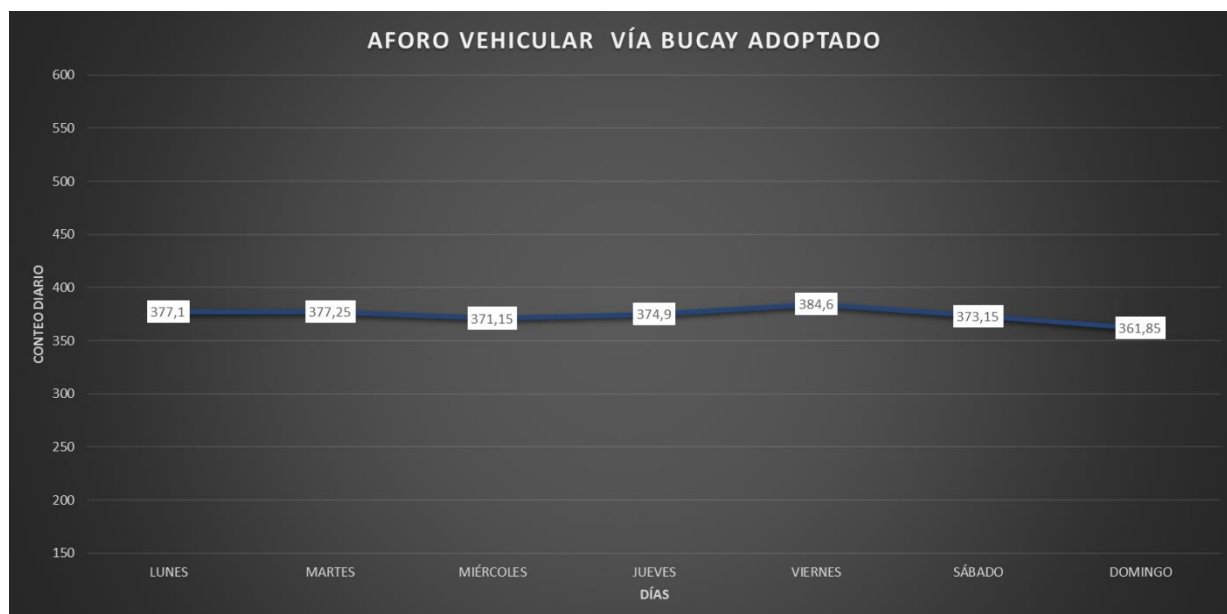
Se obtuvo los valores pico tal como se indica en los picos, el pico máximo corresponde al día sábado con un total de 2346 vehículos y el pico mínimo obtenido el miércoles con un valor total de 2242 vehículos.

En la Tabla 3.4 se indica el aforo vehicular estimado para la nueva vía, del cual se considerará que el 100% de los vehículos extrapesados cruzarán por la nueva vía y que al menos un 15% de los vehículos livianos y pesados también se desviarán por la vía en estudio.

**Tabla 3.4 - Aforo vehicular en Vía Bucay adoptado para el estudio.**

| SE CONSIDERARÁ QUE EL 100% DE LOS VEHICULOS EXTRAPESADOS PASARÁN POR LA VÍA NUEVA Y AL MENOS UN 15% DE LOS LIVIANOS Y PESADOS DE 2 EJES |          |                                  |                         |           |                         |           |        |
|---|----------|----------------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|--------|
| AFORO VEHICULAR VÍA BUCAY ADOPTADO  |          |                                  |                         |           |                         |           |        |
|   | Livianos | Pesados                          | Extra pesados 1 (3ejes) | 1 (4ejes) | Extra pesados 2 (5ejes) | 2 (6ejes) | TOTAL  |
| LUNES   | 276      | 68,1                             | 18                      | 4         | 5                       | 6         | 377,1  |
| MARTES  | 277,8    | 63,45                            | 22                      | 3         | 6                       | 5         | 377,25 |
| MIÉRCOLES   | 270,45   | 59,7                             | 26                      | 4         | 5                       | 6         | 371,15 |
| JUEVES  | 275,1    | 58,8                             | 28                      | 4         | 4                       | 5         | 374,9  |
| VIERNES   | 280,8    | 64,8                             | 27                      | 2         | 6                       | 4         | 384,6  |
| SÁBADO  | 279,6    | 68,55                            | 17                      | 1         | 3                       | 4         | 373,15 |
| DOMINGO   | 274,8    | 67,05                            | 13                      | 1         | 3                       | 3         | 361,85 |
| TOTAL   | 1934,55  | 450,45                           | 151                     | 19        | 32                      | 33        | 2620   |
| TPD PROMEDIO  | 276,36   | 64,35                            | 21,57                   | 2,71      | 4,57                    | 4,71      | 374,29 |
| TOTAL EN PEAJE CERCANO  |          |                                  |                         |           |                         |           | 2820   |
| % DE VEHÍCULOS  | 74%      | 17%                              | 6%                      | 1%        | 1%                      | 1%        |        |
| % PESADOS   | 26%      |                                  |                         |           |                         |           |        |
| FACTOR HORARIO  | 1,011    |                                  |                         |           |                         |           |        |
| FACTOR DIARIO   | 1,000    | SE LA REALIZÓ DURANTE LOS 7 DIAS |                         |           |                         |           |        |
| FACTOR SEMANAL  | 1,107    |                                  |                         |           |                         |           |        |
| FACTOR MENSUAL  | 0,903    |                                  |                         |           |                         |           |        |
| FACTOR DE EXPANSIÓN   | 1,010    |                                  |                         |           |                         |           |        |
| TPDA  | 378,108  |                                  |                         |           |                         |           |        |
|   |          | COMBUSTIBLE                      |                         |           |                         |           |        |
|   |          | CONSUMO TOTAL                    |                         | 87777     |                         |           |        |
|   |          | CONSUMO PROMEDIO                 |                         | 7314,75   |                         |           |        |
|   |          | CONSUMO MES DICIEMBRE            |                         | 8104      |                         |           |        |

**Figura 3.2. Aforo vehicular en Vía Bucay adoptado para diseño.**





De la Tabla 3.4 se tiene un valor de TPDA de 378,108 que redondeando nos da un valor de TPDA de 379

Lo cual nos hace categorizar la vía en una carretera Clase III

De la misma Tabla 3.4 se pueden obtener valores porcentuales de los pesados con respecto al tráfico. De lo cual se determinó que el tránsito pesado a circular en la vía es aproximadamente del 26%

### **Tabla resumen de valores mínimos usados para el diseño.**

Una vez obtenido el TPDA mediante los aforos se tiene los siguientes resultados presentes en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5. Resumen de parámetros de diseño.**

| <b>Tipo de Carretera (Según TPDA)</b>    | <b>Carretera Clase III (TPDA=379)</b> |
|--|---------------------------------------|
| <b>Velocidad de diseño (Km/h)</b>        | 80                                    |
| <b>Velocidad de circulación (Km/h)</b>   | 70                                    |
| <b>Radio mínimo de curvatura (m)</b>     | 256                                   |
| <b>Longitud mínima de transición (m)</b> | 44                                    |
| <b>Longitud tangencial (m)</b>           | 15                                    |

Estos valores servirán para realizar el diseño con ayuda de programas de modelación, como Autodesk AutoCAD Civil 3D.

En la Tabla 3.6 se describen los valores correspondientes a las curvas existentes en el diseño vía. De los cuales se puede observar con claridad cual es el radio de cada curvatura y además otorga información útil de en que abscisa empieza la curva donde esta el centro y donde finaliza la curva.

**Tabla 3.6. Tabla de longitudes de curvas de diseño finales.**

| TABLA DE ELEMENTOS DE CURVAS |               |          |          |          |                    |          |          |            |           |
|------------------------------|---------------|----------|----------|----------|--------------------|----------|----------|------------|-----------|
| N° CURVA                     | DIRECCIÓN     | DELTA    | RADIO    | TANGENTE | LONGITUD DE CUERDA | PC       | PT       | PI NORTE   | PI ESTE   |
| PI 1                         | N46° 25' 49"E | 4°09'07" | 600.000  | 21.748   | 43.468             | 0+104.18 | 0+147.66 | 9758747.38 | 671429.51 |
| PI 2                         | N45° 42' 47"E | 5°35'11" | 400.000  | 19.515   | 38.985             | 0+968.04 | 1+007.04 | 9759318.25 | 672074.90 |
| PI 3                         | N39° 47' 37"E | 6°15'09" | 400.000  | 21.847   | 43.830             | 1+238.20 | 1+281.85 | 9759517.82 | 672260.48 |
| PI 4                         | N39° 05' 56"E | 4°51'47" | 800.000  | 33.971   | 67.881             | 1+418.56 | 1+486.46 | 9759672.26 | 672375.45 |
| PI 5                         | N41° 15' 14"E | 0°33'10" | 2000.000 | 9.646    | 19.292             | 1+997.58 | 2+016.87 | 9760087.53 | 672743.25 |

Mediante el uso del software de diseño AutoCAD Civil 3D, también se determinó el volumen del terreno de corte y relleno el cual se ve representado en la Tabla 3.7

**Tabla 3.7 - Volumen de corte y relleno a realizar**

| Volumen de movimiento de tierras |         |
|----------------------------------|---------|
| <b>Corte (m3)</b>                | 5692,4  |
| <b>Relleno (m3)</b>              | 7766,00 |

Este volumen de tierra salió con valores elevados en relleno, esto se debe a que el perfil de alturas no fue seleccionado de la manera más óptima, esto se puede dar debido a que se debe respetar condiciones de diseño o para mantener alturas específicas.

#### **Diseño de obras de drenaje menor.**

A continuación, se adjunta la Tabla 3.10, la cual resume los resultados obtenidos en el dimensionamiento de las alcantarillas que serán ubicadas a lo largo de la vía en estudio.

**Tabla 3.8 – Resumen del dimensionamiento de alcantarillas.**

| Resumen de alcantarillas |         |       |          |       |      |     |                     |                   |
|--------------------------|---------|-------|----------|-------|------|-----|---------------------|-------------------|
| No alc                   | Abscisa | L (m) | Q (m3/s) | N     | S    | Θ   | D (mm)<br>Calculado | D (mm)<br>NEVI-12 |
| 1                        | 0+000   | 20    | 0        | 0,012 | 0,02 | 270 | 0                   | 1000              |
| 2                        | 0+250   | 20    | 0,031    |       |      |     | 539,7               | 1000              |

|    |       |    |       |  |  |       |      |
|----|-------|----|-------|--|--|-------|------|
| 3  | 0+500 | 20 | 0,080 |  |  | 764,9 | 1000 |
| 4  | 0+750 | 20 | 0,031 |  |  | 539,7 | 1000 |
| 5  | 1+000 | 20 | 0,077 |  |  | 754,9 | 1000 |
| 6  | 1+250 | 20 | 0,031 |  |  | 539,7 | 1000 |
| 7  | 1+500 | 20 | 0,118 |  |  | 885,1 | 1000 |
| 8  | 1+750 | 20 | 0,031 |  |  | 539,7 | 1000 |
| 9  | 2+000 | 20 | 0,137 |  |  | 937,0 | 1000 |
| 10 | 2+250 | 20 | 0,031 |  |  | 539,7 | 1000 |
| 11 | 2+500 | 20 | 0,031 |  |  | 539,7 | 1000 |
| 12 | 2+750 | 20 | 0,043 |  |  | 607,8 | 1000 |

### **Diseño de obras de drenaje mayor.**

Para el dimensionamiento de las obras de drenaje mayor, es decir, los puentes requeridos para salvar obstáculos naturales que se presentan a lo largo de la vía, como son los esteros naturales, se emplearán las especificaciones establecidas en la AASHTO LRFD 2014. De acuerdo con los requerimientos mínimos de diseño, el procedimiento para determinar los elementos tanto de la subestructura como de la superestructura y sus respectivas dimensiones se describe en el ANEXO B.

### **Análisis de costo de obra**

Los valores del presupuesto referencial fueron obtenidos mediante cotización de distintos materiales a ferreterías cercanas o mediante investigaciones por internet. Se establecieron además valores de rendimiento de cuadrillas, el cual fue obtenido mediante indagaciones a rubros publicados de concursos similares, así como también consultas a maestros en construcción civil que tengan una gran experiencia en el desarrollo de ciertos rubros.

**Tabla 3.9 – Presupuesto de los bloques de rubros para el Pavimento.**

| <b>ID bloque</b> | <b>Descripción del bloque</b> | <b>Costo total del bloque</b> |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1                | Obras preliminares            | \$ 82.817,88                  |
| 2                | Movimiento de tierras         | \$ 44.452,95                  |
| 3                | Pavimento                     | \$ 854.793,69                 |
| 4                | Obras de drenaje              | \$ 89.686,21                  |
| 5                | Señalización vial             | \$ 24.886,89                  |

|   |                      |              |
|---|----------------------|--------------|
| 6 | Componente ambiental | \$ 16.116,73 |
|---|----------------------|--------------|

Tomando en cuenta el precio de elementos prefabricados como son las vigas AASHTO para la superestructura y los pilotes empleados en la cimentación de la subestructura, se presenta la Tabla 3.9, la cual contiene el precio de cada bloque de rubros empleados para la construcción del puente.

**Tabla 3.10 – Presupuesto de los bloques de rubros para los Puentes.**

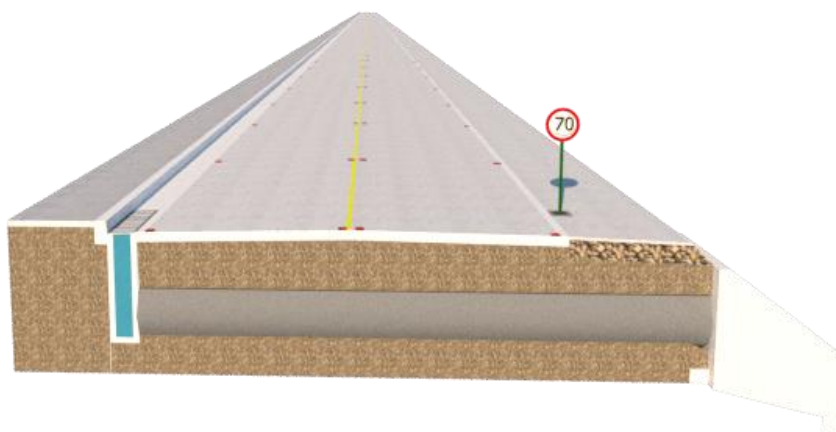
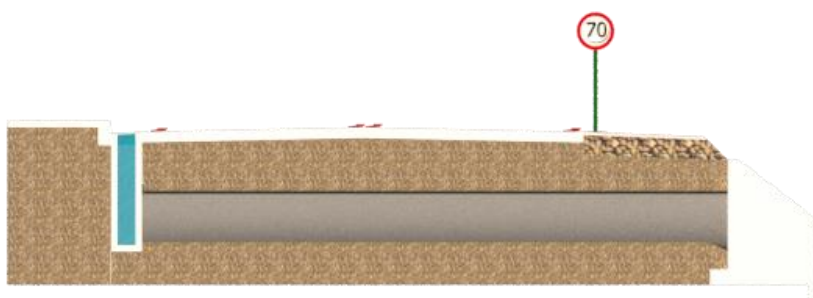
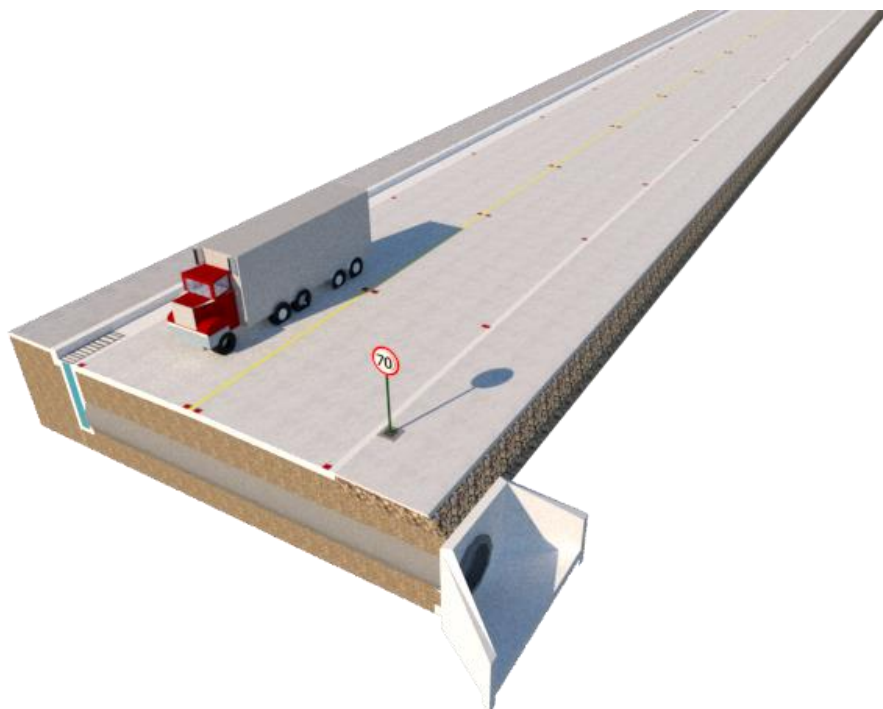
| ID bloque | Descripción del bloque | Costo total del bloque |
|-----------|------------------------|------------------------|
| 1         | Obras preliminares     | \$14.457,30            |
| 2         | Movimiento de tierras  | \$ 3.366,00            |
| 3         | Subestructura          | \$ 122.468,09          |
| 4         | Superestructura        | \$ 427.451,27          |

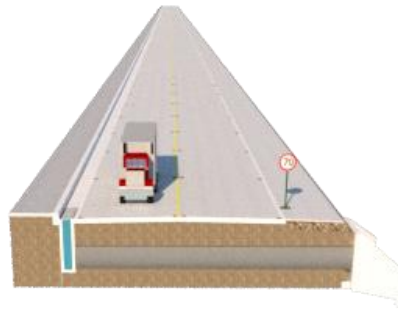
En la Tabla 3.8 se observan los valores por cada bloque de procesos a realizar en la construcción del Bypass en el Cantón Naranjito, de lo cual se observa que el mayor monto es el correspondiente al Pavimento con un costo \$ 854.793,69, este valor representa aproximadamente al 77% del costo total de la obra.

En segundo lugar, con respecto a mayor monto es el bloque de Obras de drenaje con un monto total de \$89.686,21, lo cual corresponde aproximadamente al 8% del costo total de la obra, en este bloque se toma en cuenta la creación de sumideros y su respectivo drenaje hacia uno de los esteros que se encuentran en las cercanías del sector.

Finalmente, en conjunto los bloques de Obras preliminares, Movimiento de Tierras, Señalización Vial y Componente Ambiental, suman el 15% del presupuesto restante para la ejecución de la obra.

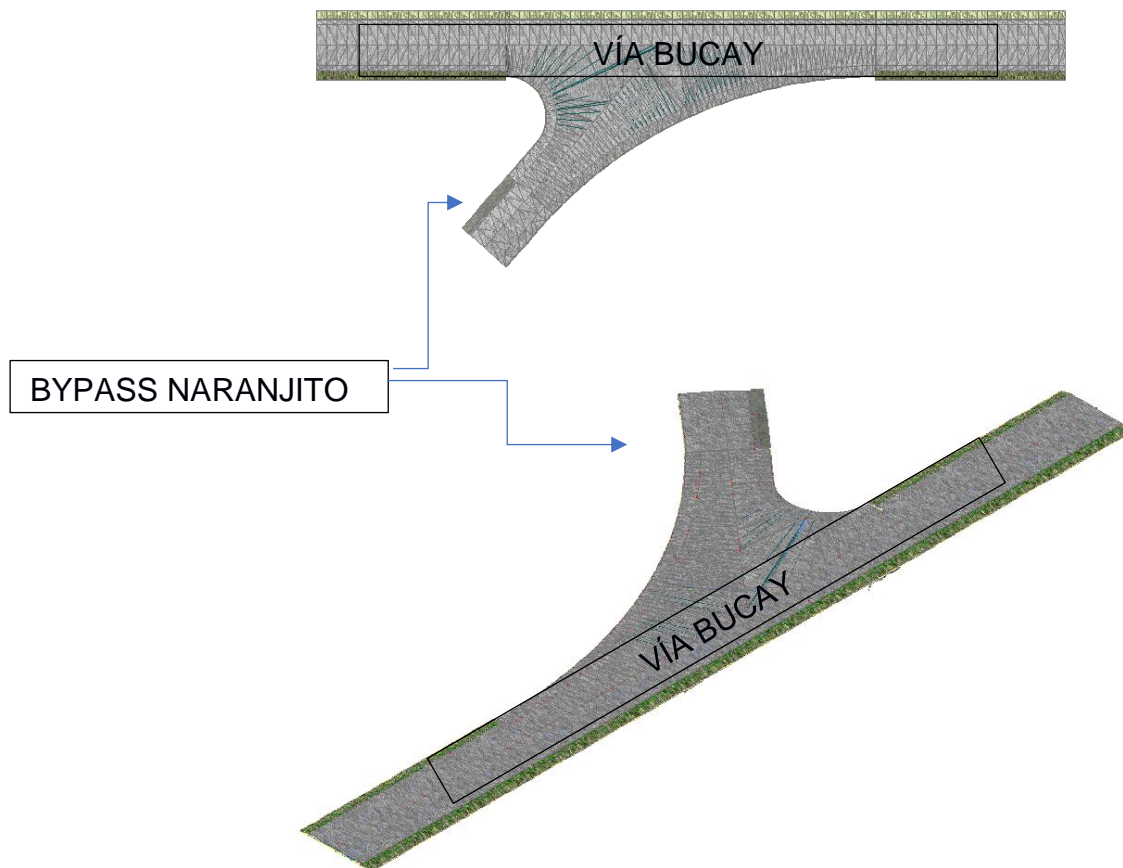
## BYPASS NARANJITO – ILUSTRACIONES MODELO DE CARRETERA





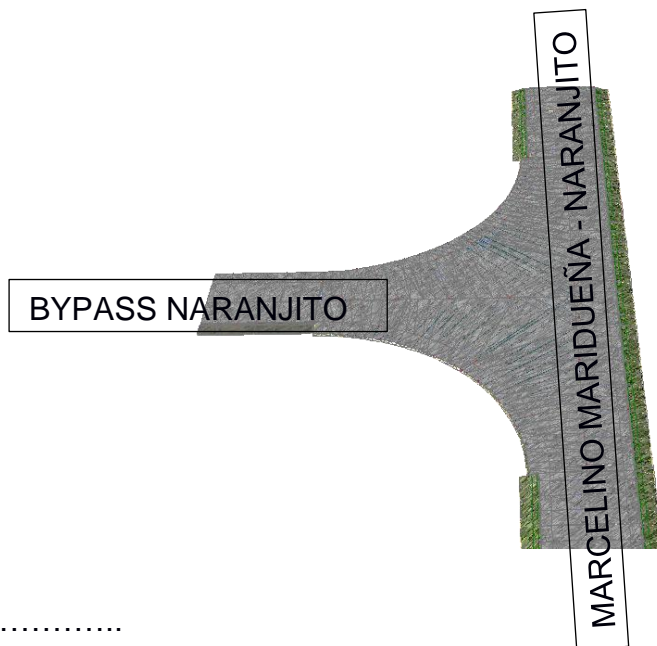
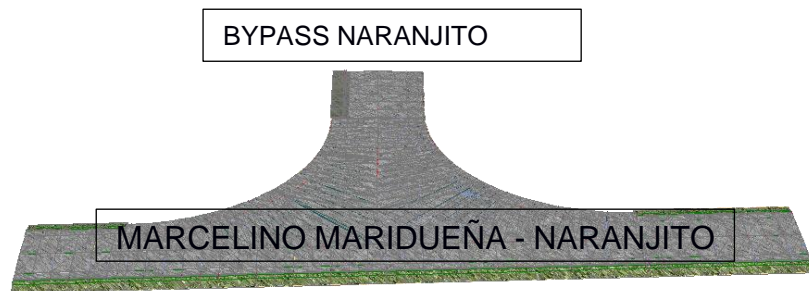
### ILUSTRACION DE INTERSECCIÓN DEL BYPASS NARANJITO CON LA VÍA BUCAY

El radio d mas grande es de 90 metros para permitir el giro de los camiones extrapesados sin que provoque acumulación de tráfico en excedencia.



ILUSTRACION DE INTERSECCIÓN DEL BYPASS NARANJITO CON LA VÍA PANAMERICANA MARCELINO MARIDUEÑA – NARANJITO

El radio usado en esta intersección será de 25 metros con la finalidad de que el ingreso y la salida de los vehículos extrapesados no se den con mayor dificultad de maniobra.



# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Mediante el presente estudio denominado “Diseño de Bypass en el límite urbano del cantón Naranjito” se consiguió diseñar la infraestructura vial que servirá como conexión entre la vía perimetral Naranjito - Marcelino Maridueña y la vía Naranjito - Bucay. Por lo tanto, con la ejecución de la obra se logrará reducir a gran escala el congestionamiento vehicular y el riesgo de accidentes en las calles del centro de la ciudad.

Esta vía tendrá la finalidad de desviar la totalidad del tráfico extrapesado existente para evitar su ingreso por las calles céntricas del cantón, debido a que el tránsito de dichos vehículos afecta la superficie de la calzada. Este indicativo de serviciabilidad fue uno de los principales factores analizados al momento de proponer la vía.

Mediante observaciones se pudo determinar que existe otra alternativa para la construcción una vía conexión entre Naranjito y Bucay, ubicada en el Km 25 de la vía Naranjito - Marcelino Maridueña. Sin embargo, se optó por realizar el diseño en el sector descrito en el capítulo 1, tomando en cuenta que la vía en el futuro será empleada como vía urbana del cantón Naranjito, ya que existen planes de expansión territorial.

El diseño se realizó tomando en cuenta los requerimientos establecidos por el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas) y la NEVI (Norma Ecuatoriana Vial). Estas normas fueron empleadas tanto para el diseño del alineamiento vertical y horizontal, así como el diseño de la sección transversal tipo, de acuerdo con las características del proyecto. Considerando los planes de desarrollo de infraestructura del cantón y buscando restringir el acceso desde la avenida 9 de Octubre hacia la vía en cuestión, se realizó acera con bordillos en uno de los lados de la calzada. Del otro costado de la vía se tiene un espaldón con suficiente ancho para permitir paradas de emergencia de vehículos pesados.



El diseño final de la vía quedó establecido con un ancho de calzada de 7,30 metros y una velocidad de circulación de 70 Km/h, y además se estableció que se usará un pavimento rígido debido a que el costo en mantenimiento es menor al del pavimento flexible, además que la vía sería obstruida provocando acumulación del tránsito durante estas actividades.

Se previó el uso de hormigón hidráulico para la capa de rodadura de la vía en estudio. El diseño del pavimento se lo realizó empleando el método PCA 84 (Portland Cement Association). Finalmente, con una capa de subbase de 20cm, un TPDA de 379 vehículos/día y un porcentaje de vehículos pesados del 26% aproximadamente, se obtiene un espesor de losa de 16,3 cm el cual es redondeado por facilidad de construcción al entero superior, es decir que, el espesor de la losa quedó establecido como 17cm.

Teniendo en cuenta los parámetros de diseños establecidos mediante normas, se obtuvo el diseño geométrico total de la vía, en la que posteriormente se le realizó el cálculo de un presupuesto referencial, detallando así los APUs necesarios para la obra. La obra descrita tendrá un costo aproximado de \$ 1.112.721,52 y una duración aproximada de 4 meses, la cual se obtuvo a través de los rendimientos de cada uno de los rubros. Cabe resaltar que el presupuesto estimado corresponde de manera exclusiva al mes actual.

Se realizó la evaluación de impacto ambiental correspondiente, en el caso de la construcción de una vía de Clase III, se determinó mediante la página web del SUIA (Sistema Único de Información Ambiental) que se debe de desarrollar un Registro Ambiental, el cual ha sido adjuntado en la parte de ANEXOS. Como principales impactos negativos se tiene el aumento de la concentración de gases de combustión y material particulado en la atmósfera, que afectan a múltiples factores como son: calidad del aire, social, flora y fauna. Finalmente, como impactos positivos al factor social se tiene el aumento en la tasa de empleo poblacional y incremento del costo real del suelo debido a la construcción de infraestructuras en la zona.

### **Recomendaciones**

Se debe tener en cuenta que el método de PCA 84 para estimar los espesores hace caso omiso del alabeo de la losa, sin embargo, actualmente existen artículos y

documentos en los que se especifica que la losa sufre afecciones debido a este efecto. El alabeo puede ser reducido aplicando métodos mecanicistas modernos para el diseño, tal como: "El Método de la Losa Corta". Por lo tanto, se recomienda revisar cuidadosamente artículos relacionados con este método de diseño, tal que se garantice que la losa no sufra mayor daño, considerando que los vehículos dispuestos a circular por la vía son de gran carga, provocando así mayor alabeo.

Se deben validar los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio pertinentes, debido a que existe la posibilidad de que los parámetros empleados no sean 100% confiables, por alguna mala maniobra o por errores en la calibración del equipo. Esto con la finalidad de que el espesor de la losa sea adecuado al tráfico actual. De darse el caso de que la obra sea realizada años después, se deberá realizar nuevamente un aforo vehicular para que los cálculos sean acordes al año desde el cual se empezará la obra, puesto que ciertos factores considerados en el diseño presentarán variación de acuerdo con el tiempo transcurrido.

Al momento de definir el presupuesto referencial se deberá revisar que los valores adoptados en el presente documento permanezcan vigentes para la fecha que decidan realizarlo, debido a la variación existente en el precio de los materiales de construcción. De igual manera se debe verificar el costo de la mano de obra, el cual es modificado en enero de cada año y publicado en la página de la Contraloría General del Estado.

Se debe realizar la georreferenciación de los puntos obtenidos en el levantamiento topográfico empleando GPS diferencial, con el objetivo de obtener una mayor aproximación en las mediciones.

# BIBLIOGRAFÍA

## 5. REFERENCIAS

- Andrade Laborde, M., & Bucheli Arias, C. (s.f.). Ingeniero Civil. *Estudios Preliminares y Diseño Definitivo del tramo I de la Avenida Circunvalación (Av. Jaime Roldós Aguilera) en la Ciudad de Milagro, Provincia del Guayas*. ESPOL, Guayaquil.
- ASTM INTERNATIONAL. (1999). ASTM D1883-99. Standard Practice Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils.
- ASTM INTERNATIONAL. (2002). ASTM D1557-02. Standar Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56.000 ft-lb/ft<sup>3</sup> (2.700 Kn-m/m<sup>3</sup>)).
- ASTM INTERNATIONAL. (2007). ASTM D422-63. Standard Test Method for Particle Size Analysis of Soils. 8.
- ASTM INTERNATIONAL. (s.f.). ASTM D4318-10. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils. 2010.
- BRAJA , M. D. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Thomson Learning.
- Castaño , F., Herrera, J., Gómez, J., & Reyes , F. (2009). Pavimentos Flexibles: Análisis cualitativo del flujo de agua de infiltración para el control del drenaje de una estructura de pavimento flexible en la ciudad de Bogotá D.C. *Infraestructura Vial*, 20-25.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá: McGraw-Gill.
- CORASCO. (Octubre de 2008). *Máster Sergio J. Navarro Hudiel*. Obtenido de Máster Sergio J. Navarro Hudiel: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-para-revision-disenos-geometricos.pdf>
- GADM Naranjito. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014-2020*. Naranjito.
- IBCH. (1995). Diseño de Pavimentos de Hormigón - Método PCA. 65.
- INEN. (2011). RTE INEN 004-1. 215.
- INEN. (2011). RTE INEN 004-2. 103.
- LAMBE, T. W., & WHITMAN, R. V. (1979). *Soil Mechanics*. SI Version. John Wiley.
- Macías Rivera, M. (2011). Ingeniero Civil. *Diseño de Pavimento Rígido de la Vía Baba - La Estrella*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil.

- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Montejo, A. (2006). *Ingeniería de Pavimentos: Evaluación y nuevas tecnologías*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Moreno Carlosama, S. (2013). Ingeniero Civil. *Estudio y Diseño Vial de la Av. 15 de Noviembre (Etapa III de 1.71 Km de longitud), Cantón Tena, Provincia de Napo*. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- MTOP. (2013). *Norma para Estudios y Diseño vial*. Quito.
- Terreros De Varela, C., & Moreno Lituma, V. (1995). *Mecánica de Suelos: Laboratorio*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- ULLOA CALDERÓN, A. (2011). Guía de pruebas de laboratorio y muestre en campo para la verificación de calidad en materiales empleados en pavimento asfáltico. *Métodos y Materiales, 1*, 39-50.
- Vélez, J., & Botero, A. (2010). Estimación del tiempo de concentración y tiempo de rezago en la cuenca experimental urbana de la quebrada San Luis, Manizales. *Dyna, 165*, 58-71.

# **ANEXOS**

## ANEXO A



**Anexo A1. Construcción de hitos temporales para georreferenciación.**



**Anexo A2. Lectura de datos topográficos.**



**Anexo A3. Lectura de datos topográficos.**



**Anexo A4. Lectura de datos topográficos.**

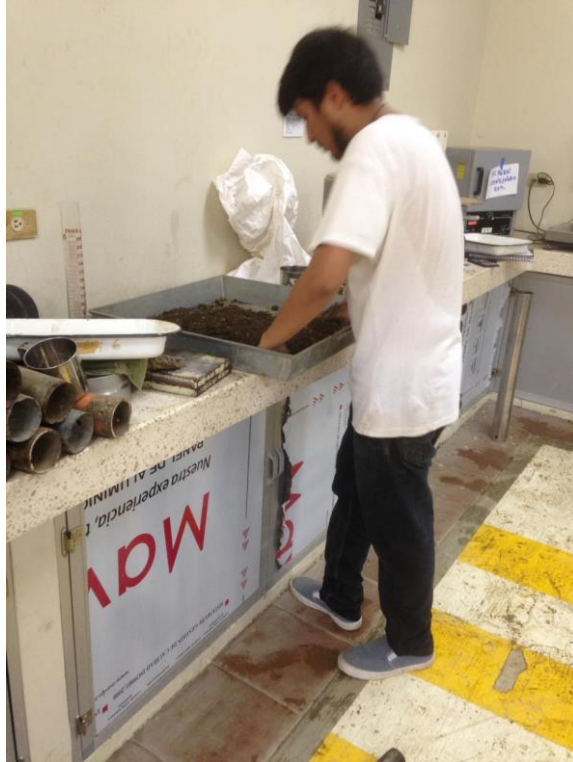


**Anexo A5. Toma de muestras para ensayo.**



**Anexo A6. Toma de muestras en sitio para ensayo.**





**Anexo A7. Preparación de muestra, Ensayo Proctor Modificado.**



**Anexo A8. Enrasamiento de muestra, Ensayo Proctor Modificado.**



**Anexo A9. Compactación de muestras, Ensayo CBR.**



**Anexo A10. Registro de resultados en laboratorio.**



**Anexo A11. Preparación de muestras para secado en horno.**

## **ANEXO B**

## DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PUENTE

### ➤ Norma de Diseño

AASHTO LRFD 2014

### ➤ Descripción del Puente

| Simbología | Descripción            | Dimensiones (m) |
|------------|------------------------|-----------------|
| S          | Separación entre vigas | 2.20            |
| L          | Longitud del puente    | 20              |
| W          | Ancho del puente       | 9.30            |
| Nv         | Número de vigas        | 4               |
|            |                        |                 |

### ➤ Predimensionamiento

#### Vigas

$$h_{min} = \frac{L}{15} \text{ o } \frac{L}{20} \text{ (Para vigas simplemente apoyadas)}$$

$$h_{min} = \frac{L}{15} = \frac{2000}{15} = 133.33 \text{ cm}$$

$$h_{min} = \frac{L}{20} = \frac{2000}{20} = 100 \text{ cm}$$

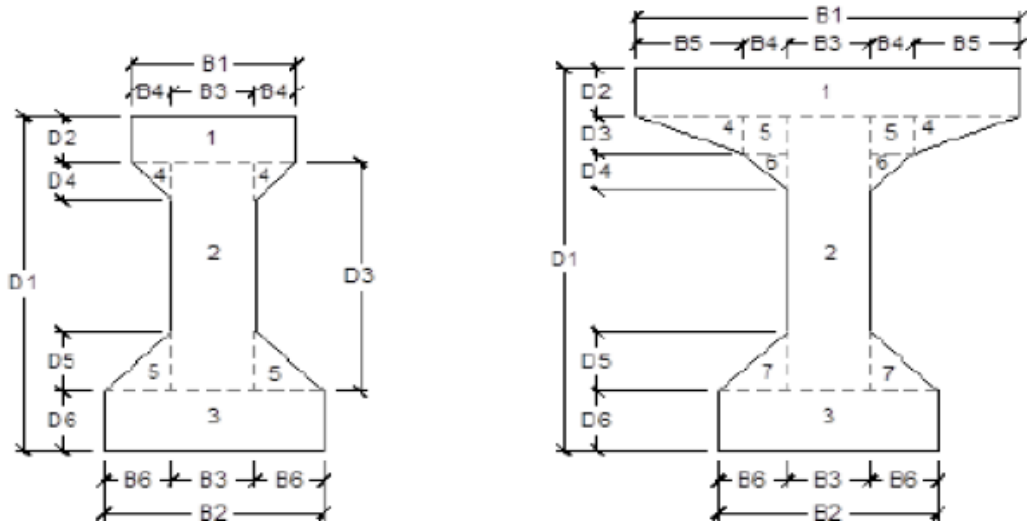
Se adoptará una altura de viga  $h=120$  cm.

#### Propiedades geométricas de vigas I para puentes, tipo AASHTO.

| Tipo | AREA (cm <sup>2</sup> ) | h (cm) | y1 (cm) | y2 (cm) | INERCIA (cm <sup>4</sup> ) | S1 (cm <sup>3</sup> ) | S2 (cm <sup>3</sup> ) | PESO (Kg/m) | MAXIMA LUZ (m) |
|------|-------------------------|--------|---------|---------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| I    | 1743,8                  | 71     | 39,02   | 31,98   | 926272,8                   | 23738,3               | 28964,3               | 418,5       | 15             |
| II   | 2325                    | 91     | 50,93   | 40,07   | 2056660,1                  | 40384,6               | 51322,7               | 558         | 21             |
| III  | 3643                    | 115    | 63,33   | 54,67   | 5298647,8                  | 83661,3               | 102556,8              | 847,32      | 30             |
| IV   | 5041,5                  | 137    | 74,26   | 62,74   | 10780379,5                 | 145172                | 171825,2              | 1209,96     | 36             |
| V    | 6516,5                  | 160    | 78,21   | 81,79   | 21743986,6                 | 278028                | 265844,2              | 1563,96     | 44             |
| VI   | 6976,5                  | 183    | 89,22   | 93,18   | 30639536,4                 | 341108                | 328833,2              | 1674,36     | 50             |

Fuente: Ing. Luis Villavicencio Cavero.

**Propiedades geométricas de vigas I para puentes, tipo AASHTO.**



| DIMENSIONES (cm) |     |    |    |    |      |      |     |    |    |      |      |      |
|------------------|-----|----|----|----|------|------|-----|----|----|------|------|------|
| Tipo             | D1  | D2 | D3 | D4 | D5   | D6   | B1  | B2 | B3 | B4   | B5   | B6   |
| I                | 71  | 10 | 0  | 8  | 12,5 | 12,5 | 30  | 40 | 15 | 7,5  | 0    | 12,5 |
| II               | 91  | 15 | 0  | 8  | 15   | 15   | 30  | 45 | 15 | 7,5  | 0    | 15   |
| III              | 115 | 18 | 0  | 12 | 19   | 18   | 40  | 56 | 18 | 11   | 0    | 19   |
| IV               | 137 | 20 | 0  | 15 | 23   | 20   | 51  | 66 | 20 | 15,5 | 0    | 23   |
| V                | 160 | 13 | 8  | 10 | 25   | 20   | 107 | 71 | 20 | 10   | 33,5 | 25,5 |
| VI               | 183 | 13 | 8  | 10 | 25   | 20   | 107 | 71 | 20 | 10   | 33,5 | 25,5 |

**Fuente: Ing. Luis Villavicencio Cavero.**

Considerando el peralte de la viga y la longitud requerida para el puente  $L=20m$ , se selecciona la viga I tipo IV.

Una vez establecida la sección, se evalúa la eficiencia de la viga a flexión:

$$E = \frac{I}{y_1 * y_2 * A}$$

$$E = \frac{10780378.5}{74.26 * 62.74 * 5041.5} = 0.459$$

$$0.45 < E < 0.55 \rightarrow \text{OK}$$

**Sección de Viga I tipo IV**

**Viga acotada**

## Losa

$$t_{min} \geq 17.5 \text{ cm (Según Art. 9.7.1.1)}$$

$$t_{min} \geq \frac{S + 3}{30} \text{ (Según Tabla 2.5.2.6.3 - 1)}$$

$$b_{min} \geq \frac{h}{25} + 10 \text{ cm}$$

$$e = S - b$$

$$St = d + \frac{b}{2}$$

Donde:

t: Espesor de losa

St: Luz de cálculo del tablero

S: Separación entre ejes de vigas

b: Ancho del patín de viga

e: Distancia libre del tablero

$$e = 2.20 - 0.66 = 1.54 \text{ m}$$

$$St = 1.54 + \frac{0.66}{2} = 1.87 \text{ m}$$

$$t_{min} \geq \frac{1.87 + 3}{30} = 0.162 \text{ cm} < t_{min} = 17.5 \text{ cm}$$

→ **No cumple**

Por lo tanto, el espesor del tablero usado será  $t_{min}=17.5 \text{ cm}$ .

### ➤ Cargas aplicadas

DC: Carga permanente de componentes estructurales

DW: Carga permanente de superficie de rodamiento

IM: Incremento por carga vehicular

LL: Carga viva vehicular

- Cargas muertas

## Carpeta asfáltica

$e = 5 \text{ cm}$

$Y_{\text{asf}} = 2.2 \text{ Ton/m}^3$

$W_{\text{asf}} = 0.05 \cdot 2.2 = 0.11 \text{ Ton/m}^2$

$Q_{\text{asf}} = 0.242 \text{ Ton/m}$

### **Losa de tablero**

$t = 17.5 \text{ cm}$

$Y_{\text{c}} = 2.4 \text{ Ton/m}^3$

$W_{\text{c}} = 0.175 \cdot 2.4 = 0.420 \text{ Ton/m}^2$

$Q_{\text{c}} = 0.924 \text{ Ton/m}$

### **Viga**

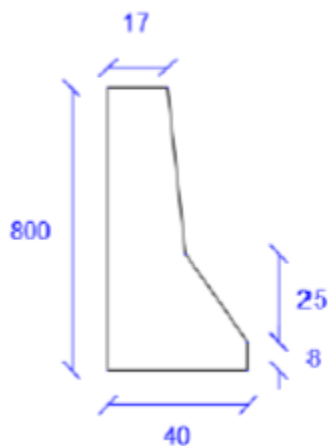
$Q_{\text{v}} = 1.21 \text{ Ton/m}$

### **Barrera New Jersey**

$W_{\text{NJ}} = 1.0195 \text{ Ton/m}^2$

$Q_{\text{NJ}} = 0.403 \text{ Ton/m}$

Sección de Barrera New Jersey



Por lo tanto,

$DW = Q_{\text{asf}} = 0.242 \text{ Ton/m}$

$DC = Q_{\text{c}} + Q_{\text{v}} + Q_{\text{NJ}} = 0.924 + 1.21 + 0.403 = 2.537 \text{ Ton/m}$

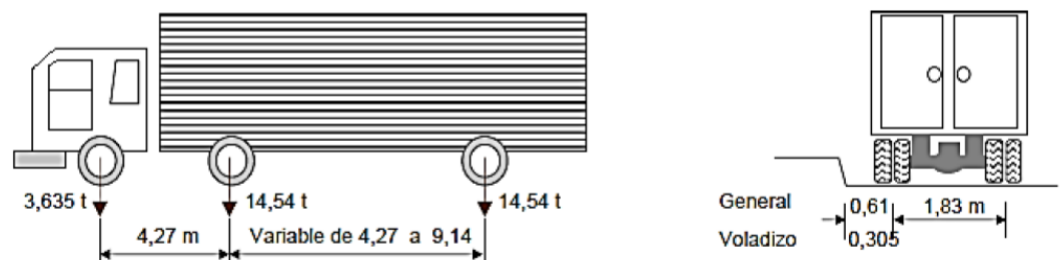
- Cargas vivas

Según la LRFD 2014, la sobrecarga vehicular existente sobre las calzadas de puentes es denominada HL-93 y consiste en la siguiente combinación:

1. Carga de Camión de diseño + Carga de Carril de diseño
2. Carga de Tandem de diseño + Carga de Carril de diseño

### Carga de Camión de diseño

Camión de Diseño HL-93, geometría y carga de ejes



Fuente: Ing. Juan Vinueza Moreno.

### Carga de Tandem de diseño

Tandem de Diseño, geometría y carga de ejes



### Carga dinámica



**Tabla 3.6.2.1-1 Incremento por carga dinámica**

| <b>Componente</b>                             | <b>IM</b>  |
|---|------------|
| Juntas del tablero: Todos los Estados Límites | <b>75%</b> |
| Todos los demás componentes                   |            |
| Estado Límite de fatiga y fractura            | <b>15%</b> |
| Todos los demás Estados Límites               | <b>33%</b> |

### **Carga de carril**

Consiste en una carga de 0.952 Ton/m distribuida uniformemente en sentido longitudinal. Transversalmente se considera que actúa en un ancho de 3m. La carga de carril no presenta incremento por carga dinámica.

#### ➤ **Factores de Distribución de Carga Viva en la viga.**

|   |            |
|---|------------|
| Peralte de viga, h (cm)   | 137        |
| Centro de gravedad de viga, y2 (cm)                                     | 62.74      |
| Área de viga (cm <sup>2</sup> )   | 5041.5     |
| Inercia de viga (cm <sup>4</sup> )                                      | 10780379.5 |
| Espesor de tablero, t (cm)  | 17.5       |
| Resistencia a la compresión losa, f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )             | 280        |
| Resistencia inicial a la compresión de viga, f'ci (Kg/cm <sup>2</sup> ) | 350        |

### **Rigidez longitudinal**

eg: Distancia entre los centros de gravedad de la viga y la losa.

$$eg = h - yc + \frac{t}{2}$$

$$eg = 137 - 62.74 + \frac{17}{2} = 82.76 \text{ cm}$$

n: Relación entre módulos de elasticidad viga - losa.

$$n = \frac{15100\sqrt{350}}{15100\sqrt{280}} = 1.12$$

I: Momento de inercia de la viga (mm<sup>4</sup>)

A: Área de la viga (mm<sup>2</sup>)

Kg: Parámetro de rigidez longitudinal (mm<sup>4</sup>)

$$Kg = n * (I + Aeg^2)$$

$$Kg = 1.12 * (107803795000 + 504150 * 827.6^2) = 5.075 E^{11} \text{ mm}^4$$

g: Coeficiente de distribución de momento para viga interior.

$$g = 0.075 + \left(\frac{S}{2900}\right)^{0.6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.2} \left(\frac{Kg}{Lts^3}\right)^{0.1}$$

$$g = 0.075 + \left(\frac{2200}{2900}\right)^{0.6} \left(\frac{2200}{20000}\right)^{0.2} \left(\frac{5.075E^{11}}{20000 * 170^3}\right)^{0.1} = 0.72$$

## ➤ Momentos debido a las cargas

### Momento por carga muerta

DW= 0.242 Ton/m

DC= 2.537 Ton/m

$$M_{DW} = \frac{DW * L^2}{8} = \frac{0.242 * 20^2}{8} = 12.1 \text{ Ton} * m$$

$$M_{DC} = \frac{DC * L^2}{8} = \frac{2.537 * 20^2}{8} = 126.85 \text{ Ton} * m$$

## Momento por carga viva e incremento por carga dinámica

Empleando el método de líneas de influencia, se procede a determinar el momento generado por carga viva y su respectivo incremento por carga dinámica para una longitud de puente  $L= 20\text{m}$ .

| Camión                              |         |
|-------------------------------------|---------|
| <b>Datos</b>                        |         |
| P (Ton)                             | 3,63    |
| Separación (m)                      | 4,27    |
| <u>Determinando a</u>               |         |
| a (m)                               | 1,423   |
| a/2 (m)                             | 0,712   |
| <u>Determinando Xa, Xb, Xc y Xd</u> |         |
| Xa (m)                              | 9,288   |
| Xb (m)                              | 10,712  |
| Xc (m)                              | 5,018   |
| Xd (m)                              | 6,442   |
| <u>Determinando Ya, Yb y Yc</u>     |         |
| Yb (m)                              | 4,975   |
| Ya(m)                               | 2,688   |
| Yc (m)                              | 2,992   |
| <u>Determinando Mcamion</u>         |         |
| Mcamion (Ton-m)                     | 125,427 |

| Tandem                          |         |
|---------------------------------|---------|
| <b>Datos</b>                    |         |
| P (Ton)                         | 11,34   |
| Separación (m)                  | 1,22    |
| <u>Determinando a</u>           |         |
| a (m)                           | 0,610   |
| a/2 (m)                         | 0,305   |
| <u>Determinando Xa, Xb y Xc</u> |         |
| Xa (m)                          | 9,695   |
| Xb (m)                          | 10,305  |
| Xc (m)                          | 9,085   |
| <u>Determinando Ya y Yb</u>     |         |
| Ya (m)                          | 4,995   |
| Yb(m)                           | 4,404   |
| <u>Determinando Mtan</u>        |         |
| Mtan (Ton-m)                    | 106,588 |

| Carril  |        |
|---|--------|
| <b>Datos</b>  |        |
| wcar (Ton/m)  | 0,952  |
| <b>Determinando Ycarril: Se selecciona el Y correspondiente al mayor momento entre Mcamion y Mtan</b> |        |
| Ycarril (m)   | 4,975  |
| <b>Determinando Mcarril</b>   |        |
| Mcarril (Ton-m)   | 47,359 |
|   |        |

Por lo tanto:

$$M_{LL+IM} = 1.33 * (125.43) + 47.36 = 214.18 \text{ Ton} - m$$

#### Momento por carga viva en viga

$$M_{LL+IM} * g = 0.72 * 214.18 = 154.20 \text{ Ton} - m$$

#### ➤ Momento último

En base a la Tabla 3.4.1-1 de la AASHTO LRFD 2014, se tiene que la siguiente combinación de cargas para cada estado límite es:

$$M_u = 1.25M_{DC} + 1.50M_{DW} + 1.75M_{LL+IM}$$

$$M_u = 1.25 * (126.85) + 1.50 * (12.1) + 1.75 * (154.20) = 446.56 \text{ Ton} - m$$

#### ➤ Diseño de viga

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| Acero de cable de presfuerzo | Grado 270 |
| fpu (Kg/cm <sup>2</sup> )    | 26070     |
| Fp1 (Kg)                     | 22150     |
| Ae (cm <sup>2</sup> )        | 1.4       |
| f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )    | 350       |
| f'ci (Kg/cm <sup>2</sup> )   | 280       |

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| R (%)                          | 80       |
| <b>Estado de transferencia</b> |          |
| fci (Kg/cm <sup>2</sup> )      | -168     |
| fti (Kg/cm <sup>2</sup> )      | 13.39    |
| <b>Estado de vacío</b>         |          |
| fcs (Kg/cm <sup>2</sup> )      | -157.5   |
| fts (Kg/cm <sup>2</sup> )      | 0        |
| <b>Estado de servicio</b>      |          |
| fcs (Kg/cm <sup>2</sup> )      | -210     |
| fts (Kg/cm <sup>2</sup> )      | 0        |
| S1 (cm <sup>3</sup> )          | 145171.5 |
| Pi (Ton)                       | -350     |
| Mo (Ton-m)                     | 60.5     |
| i2 (cm <sup>2</sup> )          | 2138.33  |

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05 * (f'c - f'ci)}{70}$$

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05 * (350 - 280)}{70} = 0.8$$

$$fpy = \frac{22150}{1.4} = 15821 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{fpy}{fpi}$$

$$\frac{fpy}{fpi} = \frac{15821}{26070} = 0.6$$

$$\gamma_p = 0.55$$

$$f_{cci} = f_{ti} - \frac{y_1}{h} * (f_{ti} - f_{ci})$$

$$f_{cci} = 13.39 - \frac{74.26}{137} * (13.39 - (-168)) = -84.93 \text{ Kg/cm}^2$$

$$e_o = (f_{ti} - f_{cci}) * \frac{S_1}{P_i} - \frac{M_o}{P_i}$$

$$e_o = (13.39 - (-84.93)) * \frac{145171.5}{-350000} - \left( \frac{6050000}{-350000} \right)$$

$$= 58.07 \text{ cm}$$

$$dp = e_o + y_1$$

$$dp = 58.07 + 74.26 = 132.33 \text{ cm}$$

$$f_{pi} = 0.7 * f_{pu}$$

$$f_{pi} = 0.7 * 26070 = 18249 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_p = \frac{P_i}{f_{pi}} = \frac{350000}{18249} = 19.18 \text{ cm}^2$$

$$\rho_p = \frac{A_p}{b * dp} = \frac{19.18}{51 * 132.33} = 0.00284 = 0.284\%$$

$$a) \quad f_{ps}' = f_{pu} * \left[ 1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} * \left( \rho_p * \frac{f_{pu}}{f'_c} \right) \right]$$

$$\begin{aligned}
 fps' &= 26070 * [1 - \frac{0.55}{0.8} * (0.00284 * \frac{26070}{350})] \\
 &= 22276 \text{ Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$b) \quad fpe = \frac{Te}{Ap}$$

$$fpe = \frac{350000}{19.18} = 18249 \text{ Kg/cm}^2$$

$$fps = \min\{fps', fpe+4200\}$$

$$fps = \min\{22276 \text{ Kg/cm}^2, 18249+4200=22449 \text{ Kg/cm}^2\}$$

Por lo tanto, se tiene que  $fps = 22276 \text{ Kg/cm}^2$

$$a = \frac{Ap * fps}{0.85 * f'c * b}$$

$$a = \frac{19.18 * 22276}{0.85 * 350 * 51} = 28.16 \text{ cm}$$

Debido a que  $a > D2 = 20 \text{ cm}$ , entonces la viga trabaja como sección T.

$$Apf = 0.85 * \frac{f'c}{fps} * (B1 - B3) * D2$$

$$Apf = 0.85 * \frac{350}{22276} * (51 - 20) * 20 = 8.28 \text{ cm}^2$$

$$Apw = Ap - Apf$$

$$Apw = 19.18 - 8.28 = 10.90 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{Apw * fps}{0.85 * f'c * bw}$$

$$a = \frac{10.90 * 22276}{0.85 * 350 * 20} = 40.80 \text{ cm}$$

$$M_n = Apw * fps * (dp - \frac{a}{2}) + Apf * fps * (dp - \frac{D2}{2})$$

$$M_n = 10.90 * 22276 * (132.33 - \frac{40.80}{2}) + 8.28 * 22276 * (132.33 - \frac{20}{2})$$

$$M_n = 497.37 \text{ Ton} - m$$

$$\phi M_n = 0.9 * 497.37 = 447.63 \text{ Ton} - m$$

Condición 1

$$\phi M_n \geq Mu$$

447.63 > 446.56 → **OK**

Condición 2

$$Mcr = \left[ 2 * \sqrt{f'c} - \frac{Pe}{A} \left( 1 + \frac{e_o * y2}{i^2} \right) - Mo * \frac{y2}{I} \right] * \frac{I}{y2}$$

$$Mcr = \left[ 2 * \sqrt{350} - \frac{-350000}{5041.5} \left( 1 + \frac{58.07 * 62.74}{2138.33^2} \right) - 6050000 * \frac{62.74}{10780379.5} \right] * \frac{10780379.5}{62.74}$$

$$Mcr = 123.18$$

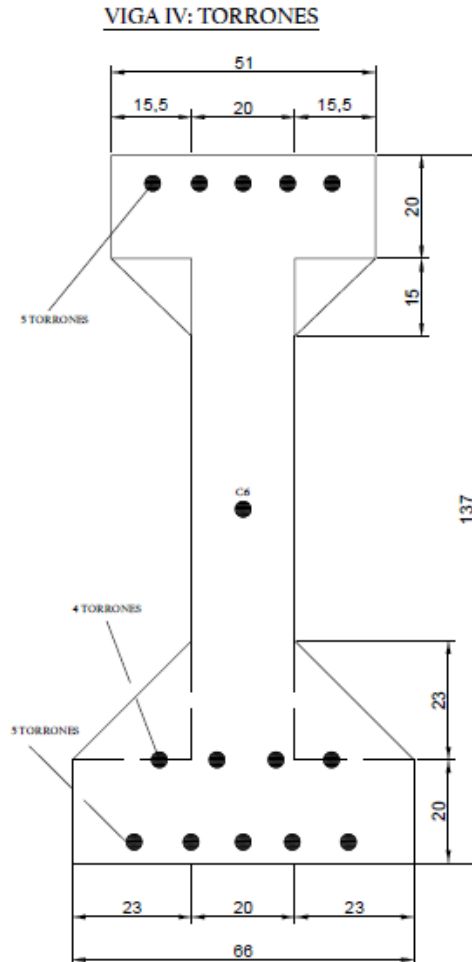
$$\phi M_n \geq 1.2 Mcr$$

447.63 > 147.82 → **OK**

Distribución de torones



$$N_o = \frac{A_p}{A_{pi}} = \frac{19.18}{1.4} = 13.7 \approx 14 \text{ Torones } (0.6'') \text{ Grado } 270$$



### ➤ Diseño del tablero

#### Momento último de resistencia

Se considera una franja de losa de 1 m

$$(-)Mu = 1.25M_{DC} + 1.50M_{DW} + 1.75M_{LL+IM}$$

$$(-)Mu = 1.25(0.0996) + 1.50(0.02609) + 1.75(1.20) = 2.264 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

$$(+)Mu = 1.25M_{DC} + 1.50M_{DW} + 1.75M_{LL+IM}$$

$$(-)Mu = 1.25(0.0996) + 1.50(0.02609) + 1.75(2.11) = 3.856 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

### Acero Negativo principal

(-)Mu=2.264 Ton-m

t=17.5 cm

db= 1.4 cm (Varillas de 14 mm de diámetro)

r= 5 cm

Determinando d

$$d = t - r - \frac{db}{2}$$
$$d = 17.5 - 5 - \frac{1.4}{2} = 11.8 \text{ cm}$$

Determinando As

$$As = \frac{Mu}{0.9 * fy * d}$$
$$As = \frac{2.264 * 10^5}{0.9 * 4200 * 11.8} = 5.08 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Si el diámetro de la varilla es 14 mm, entonces su área nominal es 1.539 cm<sup>2</sup>

$$No. \text{ varillas} = \frac{As}{Adb} = \frac{5.08}{1.539} = 3.30 \approx 4$$

Por lo tanto, se tiene 1 varilla c/ 25 cm.

### Acero positivo principal

(-)Mu=3.856 Ton-m

t=17.5 cm

db= 1.4 cm (Varillas de 14 mm de diámetro)

r= 5 cm

Determinando d

$$d = t - r - \frac{db}{2}$$

$$d = 17.5 - 5 - \frac{1.4}{2} = 11.8 \text{ cm}$$

Determinando  $A_s$

$$A_s = \frac{M_u}{0.9 * f_y * d}$$

$$A_s = \frac{3.856 * 10^5}{0.9 * 4200 * 11.8} = 8.65 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Si el diámetro de la varilla es 14 mm, entonces su área nominal es 1.539 cm<sup>2</sup>

$$\text{No. varillas} = \frac{A_s}{A_{db}} = \frac{8.65}{1.539} = 5.62 \approx 6$$

Por lo tanto, se tiene 1 varilla c/ 15 cm.

### Acero de distribución

db= 1.2 cm (Varillas de 12 mm de diámetro)

$$\% = \frac{121}{\sqrt{S}} \leq 67\%$$

$$\% = \frac{121}{\sqrt{1.54}} = 97.50$$

Entonces se debe usar el 67% del acero de refuerzo positivo.

$$A_s = 0.67 * 8.65 = 5.80$$

$$\text{No. varillas} = \frac{A_s}{A_{db}} = \frac{5.80}{1.131} = 5.13 \approx 6 \text{ varillas}$$

Por lo tanto, se colocarán varillas de 12 mm de diámetro c/15 cm

### Acero por contracción y temperatura

db= 1.4 cm (Varillas de 14 mm de diámetro)

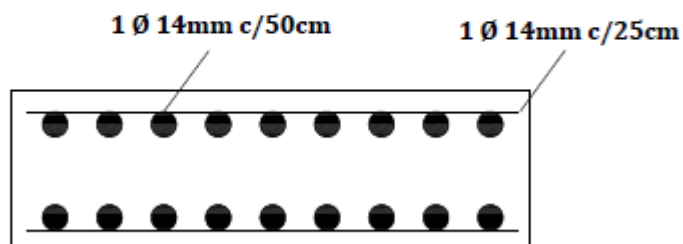
$$\% = \frac{758.4bh}{2(b+h)f_y} = \frac{758.4 * 100 * 17.5}{2 * (100 + 17.5) * 4200} = 1.345 \text{ cm}^2$$

Verificando  $A_s$ :  $2.33 \leq A_s \leq 12.7$  ( $cm^2$ ), por lo tanto se debe usar  $A_s = 2.33$   $cm^2$

$$No. \text{ varillas} = \frac{A_s}{A_{db}} = \frac{2.33}{1.539} = 1.51 \approx 2 \text{ varillas}$$

Entonces se colocarán varillas de 14 mm de diámetro c/ 50 cm.

## ARMADURA REFUERZO TABLERO DE HORMIGÓN



### ➤ Predimensionamiento de estribo

Para este proyecto se emplearán las siguientes dimensiones de los componentes del estribo:

- Ancho del estribo

$A = 9.30$  m

- Altura del estribo

$H = 4$  m

- Ancho de pantalla

$H_p =$  Alturas (Viga + Placa de neopreno + H losa de empate)

$H_p = 1.37 + 0.05 + 0.20 = 1.62$  m, por lo tanto, se empleará 1.65 m como altura de pantalla.

- Altura del asiento

$$H_2 = H - H_1 = 4 - 1.65 = 2.35 \text{ m}$$

- Espesor del alero

$$E = 0.20 \text{ m}$$

- Ancho del asiento

$$A_1 = \text{Ancho del puente} + 2E$$

$$A_1 = 9.30 + 2 \cdot 0.2 = 9.70 \text{ m}$$

- Longitud del asiento

$$L_1 = 10\% A_1$$

$$L_1 = 0.1 \cdot 9.70 = 0.97 \text{ m, por lo tanto, se empleará 1 m.}$$

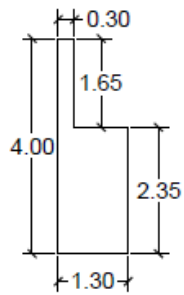
- Espesor de pantalla

$$E_1 = L_1/4$$

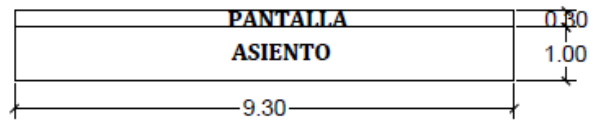
$$E_1 = \frac{1}{4} = 0.25 \text{ m, entonces se empleará 30 cm de espesor de pantalla.}$$

# ESTRIBOS

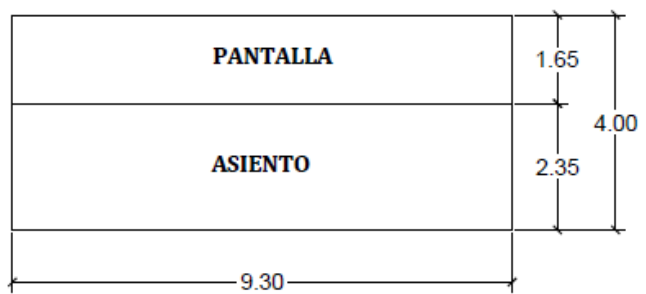
## ESQUEMA



## PLANTA



## ELEVACIÓN



### ➤ Predimensionamiento de muros de pantalla maciza

- Altura de pantalla

$$H_p = H - H_z - H_{\text{losa de empate}}$$

$$H_p = 4 - 0.40 - 0.2 = 3.4 \text{ m}$$

- Altura de pantalla

$$E_p = 0.2 \text{ o } 0.3 \text{ m}$$

$$H_p = 0.3 \text{ m}$$

- Altura de zapata del muro

$$H_z = H/10 \text{ o } H/12$$

$$H_p = 4/10 = 0.40 \text{ m}$$

- Ancho de zapata

$$B_z = 0.4 H \text{ a } 0.7H$$

$$H_p = 0.5 (4) = 2 \text{ m}$$

- Ancho de pie de zapata

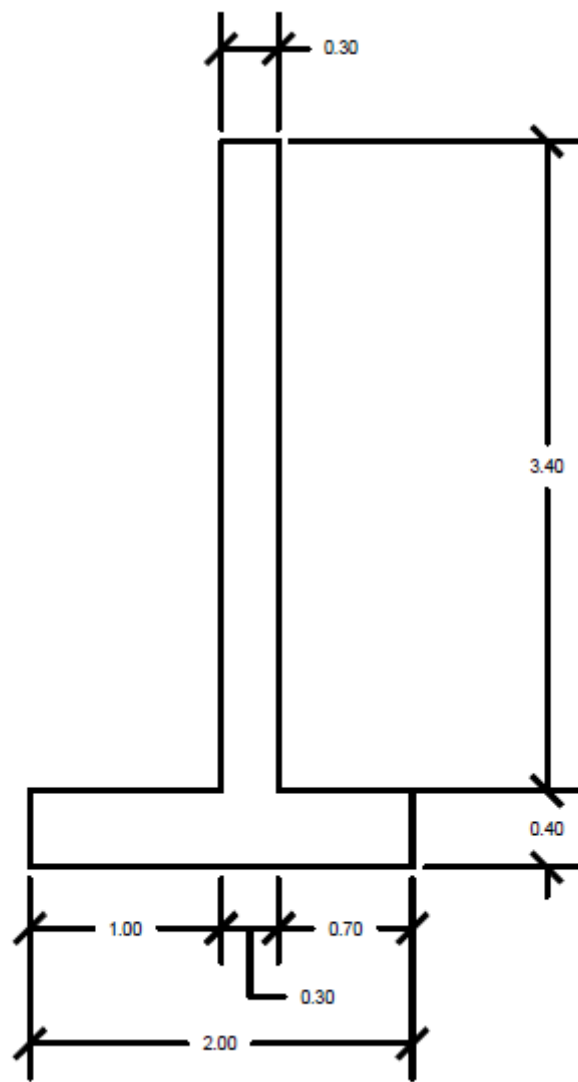
$$P_z = B_z/3$$

$$H_p = 2/3 = 0.67 \text{ m} \rightarrow 0.70 \text{ m}$$

- Ancho del talón de zapata

$$T_z = B_z - P_z - E_p$$

$$H_p = 2 - 0.7 - 0.3 = 1 \text{ m}$$





# ANEXO C

## RESUMEN MÉTODO PCA PARA BYPASS NARANJITO

| Diseño de Pavimentos de Hormigón<br>Método de la Portland Cement Association PCA 84  |  |                                      |  |                       |                         |                     |
|--|--|--------------------------------------|--|-----------------------|-------------------------|---------------------|
| Datos Generales  |  |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>Proyecto:</b>   | Diseño de vía perimetral en límite urbano del Cantón Naranjito que servirá como conexión de la vía Panamericana Naranjito – Marcelino Maridueña y la vía Bucay para desvío de vehículos pesados. |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>Tipo de carretera:</b>  | Vía perimetral   |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>Numero de carriles por sentido:</b>   | 1  |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>Bermas de hormigón:</b>   | Si   |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>Barras pasajuntas:</b>  | No   |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>Tipo de subbase:</b>  | Granular   |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>Observaciones adicionales:</b>  | -  |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>Periodo de diseño:</b>  | 20   | años                                 |  |                       |                         |                     |
| <b>Tipo de distribución de cargas de tráfico:</b>  | Pesado tipo 2  |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>% camiones que circulan sobre el borde del pavimento:</b>   | 6,0  | % (Método PCA considera el 6%)       |  |                       |                         |                     |
| <b>Factor de seguridad de cargas:</b>  | 1,2  |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>T.P.D.A. (incluyendo vehículos livianos)=</b>   | 379,00   | vehículos/día                        |  |                       |                         |                     |
| <b>Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico:</b>  | 26,0%  |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>Tasa de crecimiento anual:</b>  | 3,2%   |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>Factor de distribución por carril:</b>  | 1,00   |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>Factor direccional:</b>   | 50%  |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>Tráfico de diseño (solo camiones pesados):</b>  | 493.177  | (vehículos de más de cuatro llantas) |  |                       |                         |                     |
| PLANILLA DE CÁLCULO DE ESPESORES   |  |                                      |  |                       |                         |                     |
| <b>Valor CBR subrasante:</b>   | 6 %  |                                      |  |                       |                         |                     |
| Módulo k de subrasante:  | 33,4 MPa/m   | 123,2 pci                            | <b>Espesor losa de Hormigón:</b><br><b>16,9 cm</b> |                       |                         |                     |
| Modulo k combinado:  | 59,0 MPa/m   | 217,8 pci                            |  |                       |                         |                     |
| Módulo de rotura:  | 4,4819 Mpa   | 650,0 psi                            | <b>Espesor subbase:</b><br><b>30,0 cm</b>          |                       |                         |                     |
| Varianza de resistencia:   | 15% (Método considera 15%)   |                                      |  |                       |                         |                     |
| Carga por eje (Ton)  | Corrección carga por LSF   | Repeticiones en el periodo de diseño | Análisis por fatiga                                |                       | Análisis por erosión    |                     |
|  |  |                                      | Repeticiones admisibles                            | Acumulación de fatiga | Repeticiones admisibles | Acumulación erosión |
| <b>EJES SENCILLOS</b>  |  |                                      |  |                       |                         |                     |
| Esfuerzo equivalente:  |  | 1,7 MPa                              | 249,6 psi  |                       |                         |                     |
| Relación de esfuerzos:   |  | 0,384                                |  |                       |                         |                     |
| 15,4   | 18,5   | -                                    | 53   | 0,0%                  | 12899                   | 0,0%                |
| 14,5   | 17,4   | -                                    | 189  | 0,0%                  | 18148                   | 0,0%                |
| 13,6   | 16,3   | 288                                  | 681  | 42,3%                 | 26147                   | 1,1%                |
| 12,7   | 15,3   | 668                                  | 2466   | 27,1%                 | 38756                   | 1,7%                |
| 11,8   | 14,2   | 1.367                                | 8987   | 15,2%                 | 59471                   | 2,3%                |
| 10,9   | 13,1   | 2.918                                | 32940  | 8,9%                  | 95325                   | 3,1%                |
| 10,0   | 12,0   | 4.850                                | 121533   | 4,0%                  | 161756                  | 3,0%                |
| 9,1  | 10,9   | 10.685                               | 642410   | 1,7%                  | 296932                  | 3,6%                |
| 8,2  | 9,8  | 13.932                               | 23521170   | 0,1%                  | 612948                  | 2,3%                |
| 7,3  | 8,7  | 19.152                               | Ilimitadas   |                       | 1544220                 | 1,2%                |
| 6,4  | 7,6  | 26.601                               | Ilimitadas   |                       | 6006530                 | 0,4%                |
| 5,4  | 6,5  | 83.275                               | Ilimitadas   |                       | 250320339               | 0,0%                |
| 4,5  | 5,4  | -                                    | Ilimitadas   |                       | Ilimitadas              |                     |
| 3,6  | 4,4  | -                                    | Ilimitadas   |                       | Ilimitadas              |                     |
| 2,7  | 3,3  | -                                    | Ilimitadas   |                       | Ilimitadas              |                     |
| 1,8  | 2,2  | -                                    | Ilimitadas   |                       | Ilimitadas              |                     |
| <b>EJES TANDEM</b>   |  |                                      |  |                       |                         |                     |
| Esfuerzo equivalente:  |  | 1,4 MPa                              | 208,7 psi  |                       |                         |                     |
| Relación de esfuerzos:   |  | 0,321                                |  |                       |                         |                     |
| 27,2   | 32,7   | -                                    | 19511  | 0,0%                  | 21087                   | 0,0%                |
| 25,4   | 30,5   | -                                    | 57266  | 0,0%                  | 31194                   | 0,0%                |
| 23,6   | 28,3   | 966                                  | 171709   | 0,6%                  | 47716                   | 2,0%                |
| 21,8   | 26,2   | 1.942                                | 764566   | 0,3%                  | 76101                   | 2,6%                |
| 20,0   | 24,0   | 5.661                                | 13251513   | 0,0%                  | 128111                  | 4,4%                |
| 18,2   | 21,8   | 16.902                               | Ilimitadas   |                       | 232107                  | 7,3%                |
| 16,3   | 19,6   | 40.153                               | Ilimitadas   |                       | 468184                  | 8,6%                |
| 14,5   | 17,4   | 42.187                               | Ilimitadas   |                       | 1125933                 | 3,7%                |
| 12,7   | 15,3   | 75.076                               | Ilimitadas   |                       | 3864496                 | 1,9%                |
| 10,9   | 13,1   | 44.643                               | Ilimitadas   |                       | 48615606                | 0,1%                |
| 9,1  | 10,9   | 55.636                               | Ilimitadas   |                       | Ilimitadas              |                     |
| 7,3  | 8,7  | 61.493                               | Ilimitadas   |                       | Ilimitadas              |                     |
| 5,4  | 6,5  | -                                    | Ilimitadas   |                       | Ilimitadas              |                     |
| 3,6  | 4,4  | -                                    | Ilimitadas   |                       | Ilimitadas              |                     |
| 1,8  | 2,2  | -                                    | Ilimitadas   |                       | Ilimitadas              |                     |
|  |  |                                      | <b>Total Fatiga =</b>                              | <b>100,0%</b>         | <b>Total Erosión =</b>  | <b>49,4%</b>        |
| <small><b>NOTA IMPORTANTE:</b> En esta versión del método de la Asociación del Cemento Portland de los EE.UU. no se consideraron los efectos del clima sobre los materiales de las diferentes capas del pavimento, por lo tanto no se incluyen variaciones de humedad y temperatura en la subrasante, subbase y losa de hormigón. El método de elementos finitos empleado para el desarrollo de este método consideraba solamente losas planas totalmente apoyadas y sin alabeo, sin embargo una gran cantidad de estudios verificaron que las tensiones generadas por alabeo combinado con cargas de tráfico son mucho mayores debido a la falta de soporte que se produce por la curvatura de las losas.</small> |  |                                      |  |                       |                         |                     |

**Diseño de Pavimentos de Hormigón**  
**Método de la Portland Cement Association PCA 84**

**Datos Generales**

|  |  |                                      |  |
|--|--|--------------------------------------|--|
| <b>Proyecto:</b>   | Diseño de vía perimetral en límite urbano del Cantón Naranjito que servirá como conexión de la vía Panamericana Naranjito – Marcelino Maridueña y la vía Bucay para desvío de vehículos pesados. |                                      |  |
| <b>Tipo de carretera:</b>                                    | Vía perimetral   |                                      |  |
| <b>Numero de carriles por sentido:</b>                       | 1  |                                      |  |
| <b>Bermas de hormigón:</b>                                   | Si   |                                      |  |
| <b>Barras pasajuntas:</b>                                    | No   |                                      |  |
| <b>Tipo de subbase:</b>                                      | Granular   |                                      |  |
| <b>Observaciones adicionales:</b>                            | -  |                                      |  |
| <b>Periodo de diseño:</b>                                    | <b>20</b>  | años                                 |  |
| <b>Tipo de distribución de cargas de tráfico:</b>            | <b>Pesado tipo 2</b>   |                                      |  |
| <b>% camiones que circulan sobre el borde del pavimento:</b> | <b>6,0</b>   | %(Método PCA considera el 6%)        |  |
| <b>Factor de seguridad de cargas:</b>                        | <b>1,2</b>   |                                      |  |
| <b>T.P.D.A. (Incluyendo vehículos livianos)=</b>             | <b>379,00</b>  | vehículos/día                        |  |
| <b>Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico:</b>        | <b>26,0%</b>   |                                      |  |
| <b>Tasa de crecimiento anual:</b>                            | <b>3,2%</b>  |                                      |  |
| <b>Factor de distribución por carril:</b>                    | <b>1,00</b>  |                                      |  |
| <b>Factor direccional:</b>                                   | <b>50%</b>   |                                      |  |
| <b>Tráfico de diseño (solo camiones pesados):</b>            | <b>493.177</b>   | (vehículos de más de cuatro llantas) |  |

| PLANILLA DE CÁLCULO DE ESPESORES |                            |                                      |                         |                                 |                         |                     |
|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------|
| <b>Valor CBR subrasante:</b>     |                            |                                      | <b>6 %</b>              | <b>Esesor losa de Hormigón:</b> |                         | <b>17,0 cm</b>      |
| Módulo k de subrasante:          | 33,4 MPa/m                 | 123,2 pci                            |                         | <b>Esesor subbase:</b>          |                         | <b>30,0 cm</b>      |
| Modulo k combinado:              | 0,0 MPa/m                  | 0,0 pci                              |                         |                                 |                         |                     |
| Modulo de rotura:                | 4,4819 Mpa                 | 650,0 psi                            |                         |                                 |                         |                     |
| Varianza de resistencia:         | 15% (Método considera 15%) |                                      |                         |                                 |                         |                     |
| Carga por eje (Ton)              | Corrección carga por LSF   | Repeticiones en el periodo de diseño | Análisis por fatiga     |                                 | Análisis por erosión    |                     |
|                                  |                            |                                      | Repeticiones admisibles | Acumulación de fatiga           | Repeticiones admisibles | Acumulación erosión |
| <b>EJES SENCILLOS</b>            |                            |                                      |                         |                                 |                         |                     |
| Esfuerzo equivalente:            |                            | 1,7 MPa                              | 247,0 psi               |                                 |                         |                     |
| Relación de esfuerzos:           |                            | <b>0,380</b>                         |                         |                                 |                         |                     |
| 15,4                             | 18,5                       | -                                    | 67                      | 0,0%                            | 13674                   | 0,0%                |
| 14,5                             | 17,4                       | -                                    | 236                     | 0,0%                            | 19243                   | 0,0%                |
| 13,6                             | 16,3                       | 288                                  | 841                     | 34,2%                           | 27736                   | 1,0%                |
| 12,7                             | 15,3                       | 668                                  | 3006                    | 22,2%                           | 41136                   | 1,6%                |
| 11,8                             | 14,2                       | 1.367                                | 10809                   | 12,6%                           | 63185                   | 2,2%                |
| 10,9                             | 13,1                       | 2.918                                | 39095                   | 7,5%                            | 101432                  | 2,9%                |
| 10,0                             | 12,0                       | 4.850                                | 142925                  | 3,4%                            | 172537                  | 2,8%                |
| 9,1                              | 10,9                       | 10.685                               | 822903                  | 1,3%                            | 317989                  | 3,4%                |
| 8,2                              | 9,8                        | 13.932                               | 48549154                | 0,0%                            | 661093                  | 2,1%                |
| 7,3                              | 8,7                        | 19.152                               | Ilimitadas              |                                 | 1690033                 | 1,1%                |
| 6,4                              | 7,6                        | 26.601                               | Ilimitadas              |                                 | 6855276                 | 0,4%                |
| 5,4                              | 6,5                        | 83.275                               | Ilimitadas              |                                 | 652641716               | 0,0%                |
| 4,5                              | 5,4                        | -                                    | Ilimitadas              |                                 | Ilimitadas              |                     |
| 3,6                              | 4,4                        | -                                    | Ilimitadas              |                                 | Ilimitadas              |                     |
| 2,7                              | 3,3                        | -                                    | Ilimitadas              |                                 | Ilimitadas              |                     |
| 1,8                              | 2,2                        | -                                    | Ilimitadas              |                                 | Ilimitadas              |                     |
| <b>EJES TANDEM</b>               |                            |                                      |                         |                                 |                         |                     |
| Esfuerzo equivalente:            |                            | 1,4 MPa                              | 206,7 psi               |                                 |                         |                     |
| Relación de esfuerzos:           |                            | <b>0,318</b>                         |                         |                                 |                         |                     |
| 27,2                             | 32,7                       | -                                    | 23130                   | 0,0%                            | 22056                   | 0,0%                |
| 25,4                             | 30,5                       | -                                    | 67167                   | 0,0%                            | 32640                   | 0,0%                |
| 23,6                             | 28,3                       | 966                                  | 203203                  | 0,5%                            | 49959                   | 1,9%                |
| 21,8                             | 26,2                       | 1.942                                | 981471                  | 0,2%                            | 79755                   | 2,4%                |
| 20,0                             | 24,0                       | 5.661                                | 23637020                | 0,0%                            | 134472                  | 4,2%                |
| 18,2                             | 21,8                       | 16.902                               | Ilimitadas              |                                 | 244257                  | 6,9%                |
| 16,3                             | 19,6                       | 40.153                               | Ilimitadas              |                                 | 494910                  | 8,1%                |
| 14,5                             | 17,4                       | 42.187                               | Ilimitadas              |                                 | 1200864                 | 3,5%                |
| 12,7                             | 15,3                       | 75.076                               | Ilimitadas              |                                 | 4217919                 | 1,8%                |
| 10,9                             | 13,1                       | 44.643                               | Ilimitadas              |                                 | 62155607                | 0,1%                |
| 9,1                              | 10,9                       | 55.636                               | Ilimitadas              |                                 | Ilimitadas              |                     |
| 7,3                              | 8,7                        | 61.493                               | Ilimitadas              |                                 | Ilimitadas              |                     |
| 5,4                              | 6,5                        | -                                    | Ilimitadas              |                                 | Ilimitadas              |                     |
| 3,6                              | 4,4                        | -                                    | Ilimitadas              |                                 | Ilimitadas              |                     |
| 1,8                              | 2,2                        | -                                    | Ilimitadas              |                                 | Ilimitadas              |                     |
| <b>Total Fatiga =</b>            |                            |                                      | <b>82,0%</b>            | <b>Total Erosión =</b>          |                         | <b>46,5%</b>        |


**NOTA IMPORTANTE:** En esta versión del método de la Asociación del Cemento Portland de los EE.UU. no se consideraron los efectos del clima sobre los materiales de las diferentes capas del pavimento, por lo tanto no se incluyen variaciones de humedad y temperatura en la subrasante, subbase y losa de hormigón. El modelo de elementos finitos empleado para el desarrollo de este método consideraba solamente losas planas totalmente apoyadas y sin alabeo, sin embargo una gran cantidad de estudios verificaron que las tensiones generadas por alabeo combinado con cargas de tráfico son mucho mayores debido a la falta de soporte que se produce por la curvatura de las losas.

**ANEXO D**

# ENSAYOS DE SUELOS.

## LÍMITES

### TRAMO INICAL

|  |   |  |
|--|---|--|
|   | <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA</b><br><b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y RESISTENCIA DE MATERIALES "ING. RAÚL MARURI DÍAZ"</b><br><b>LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO (ÍNDICE DE PLASTICIDAD)</b><br>Referencia: ASTM D4318-10, AASHTO T-90 | <b>FICT</b><br>Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra |
| <b>Proyecto:</b> Diseño de vía en Naranjito<br><b>Localización:</b> Cantón Naranjito<br><b>Coord. UTM, Datum, Zona:</b><br>X: 679000      Y: 9779000 | <b>Fecha:</b> 18/12/2018<br><b>Código muestra:</b> Tramo Inicial<br><b>Descripción:</b><br><b>Profundidad, m:</b> 0,6   |  |

| LÍMITE LÍQUIDO             |           |       |       |       |       |
|----------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| No. Ensayo                 | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     |
| No. Recipiente:            | [1] 36    | 17    | 24    | 36    | 49    |
| Wh+r (gr):                 | [2] 14,56 | 14,68 | 15,13 | 13,02 | 13,54 |
| Ws+r (gr):                 | [3] 12,37 | 12,69 | 13,16 | 11,62 | 12,2  |
| r ( recipiente gr)         | [4] 6,07  | 6,06  | 6,08  | 6,1   | 6,03  |
| Ww= [2]- [4] (gr)          | [5] 8,49  | 8,62  | 9,05  | 6,92  | 7,51  |
| Ws= [3]- [4] (gr)          | [6] 6,3   | 6,63  | 7,08  | 5,52  | 6,17  |
| w%=[6]/[5]x100             | [7] 25,80 | 23,09 | 21,77 | 20,23 | 17,84 |
| No. Golpes:                | [8] 10    | 16    | 22    | 28    | 35    |
| log (No. Golpes)=log ([8]) | [9] 1,000 | 1,204 | 1,342 | 1,447 | 1,544 |

Gráfica: Humedad (%) vs log (No. Golpes)

LÍMITE LÍQUIDO



| LÍMITE PLÁSTICO    |           |       |       |
|--------------------|-----------|-------|-------|
| No. Ensayo         | 1         | 2     | 3     |
| No. Recipiente:    | [1] 21    | 20    | 3     |
| Wh+r (gr):         | [2] 12,1  | 12,12 | 12,23 |
| Ws+r (gr):         | [3] 11,4  | 11,23 | 11,34 |
| r ( recipiente gr) | [4] 6,07  | 6,06  | 6,03  |
| Ww= [2]- [4] (gr)  | [5] 6,03  | 6,06  | 6,2   |
| Ws= [3]- [4] (gr)  | [6] 5,33  | 5,17  | 5,31  |
| w%=[6]/[5]x100     | [7] 11,61 | 14,69 | 14,35 |

|            |     |       |
|------------|-----|-------|
| WL %:      | [1] | 20,30 |
| WP %:      | [2] | 13,55 |
| IP=[1]-[2] | [3] | 6,75  |

Observaciones:  
Calculado por:

### TRAMO CENTRAL



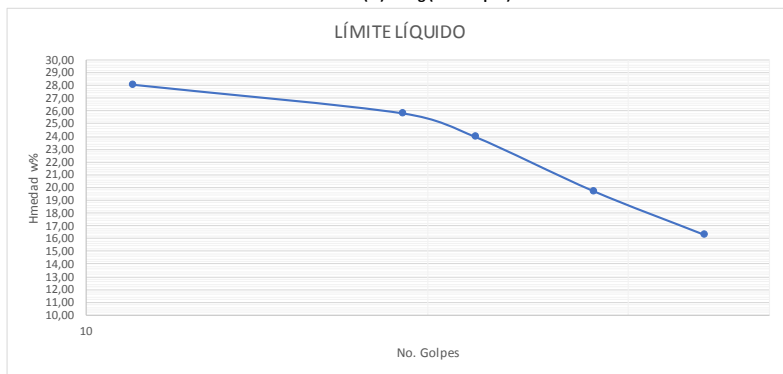
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y RESISTENCIA DE MATERIALES "ING. RAÚL MARURI DÍAZ"**  
**LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO (ÍNDICE DE PLASTICIDAD)**  
Referencia: ASTM D4318-10, AASHTO T-90

**FICT**  
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**Proyecto:** Diseño de vía en Naranjito **Fecha:** 18/12/2018  
**Localización:** Cantón Naranjito **Código muestra:** Tramo Central  
**Coord. UTM, Datum, Zona:** **Descripción**  
**X:** 679000 **Y:** 9779000 **Profundidad, m:** 0,6

| LÍMITE LÍQUIDO             |     |       |       |       |       |       |
|----------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| No. Ensayo                 |     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
| No. Recipiente:            | [1] | 12    | 20    | 26    | 43    | 50    |
| Wh+r (gr):                 | [2] | 14,65 | 14,92 | 15,9  | 15,23 | 13,75 |
| Ws+r (gr):                 | [3] | 12,22 | 12,63 | 13,59 | 13,44 | 12,46 |
| r (recipiente gr)          | [4] | 6     | 6,06  | 6,28  | 6,16  | 5,85  |
| Ww= [2]- [4] (gr)          | [5] | 8,65  | 8,86  | 9,62  | 9,07  | 7,9   |
| Ws= [3]- [4] (gr)          | [6] | 6,22  | 6,57  | 7,31  | 7,28  | 6,61  |
| w%=[6]/[5]x100             | [7] | 28,09 | 25,85 | 24,01 | 19,74 | 16,33 |
| No. Golpes:                | [8] | 11    | 19    | 22    | 28    | 35    |
| log (No. Golpes)=log ([8]) | [9] | 1,041 | 1,279 | 1,342 | 1,447 | 1,544 |

Gráfica: Humedad (%) vs log (No. Golpes)



| LÍMITE PLÁSTICO   |     |       |       |       |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|
| No. Ensayo        |     | 1     | 2     | 3     |
| No. Recipiente:   | [1] | 11    | 52    | 41    |
| Wh+r (gr):        | [2] | 12,16 | 12,04 | 12,23 |
| Ws+r (gr):        | [3] | 11,24 | 11,25 | 11,34 |
| r (recipiente gr) | [4] | 6,07  | 6,06  | 6,03  |
| Ww= [2]- [4] (gr) | [5] | 6,09  | 5,98  | 6,2   |
| Ws= [3]- [4] (gr) | [6] | 5,17  | 5,19  | 5,31  |
| w%=[6]/[5]x100    | [7] | 15,11 | 13,21 | 14,35 |

|            |     |       |
|------------|-----|-------|
| WL %:      | [1] | 21    |
| WP %:      | [2] | 14,22 |
| IP=[1]-[2] | [3] | 6,78  |

**Observaciones:**  
Calculado por:

**TRAMO FINAL**



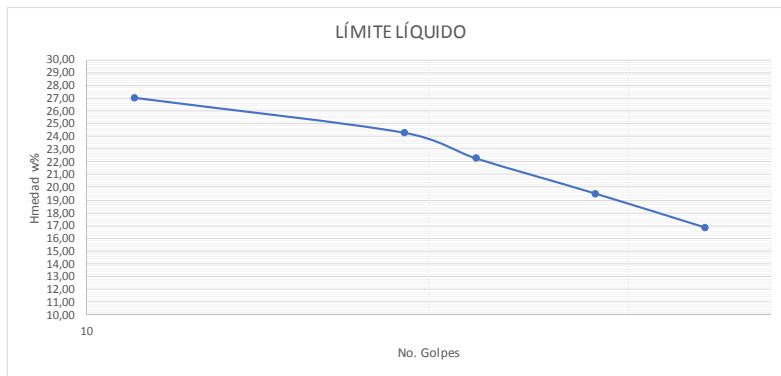
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y RESISTENCIA DE MATERIALES "ING. RAÚL MARURI DÍAZ"**  
**LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO (ÍNDICE DE PLASTICIDAD)**  
 Referencia: ASTM D4318-10, AASHTO T-90

**FICT**  
 Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

|                                 |                            |                        |               |
|---------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------|
| <b>Proyecto:</b>                | Diseño de vía en Naranjito | <b>Fecha:</b>          | 18/12/2018    |
| <b>Localización:</b>            | Cantón Naranjito           | <b>Código muestra:</b> | Tramo Inicial |
| <b>Coord. UTM, Datum, Zona:</b> |                            | <b>Descripción</b>     |               |
| <b>X:</b>                       | 679000                     | <b>Y:</b>              | 9779000       |
|                                 |                            | <b>Profundidad, m:</b> | 0,6           |

| LÍMITE LÍQUIDO             |     |       |       |       |       |       |
|----------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| No. Ensayo                 |     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
| No. Recipiente:            | [1] | 36    | 17    | 49    | 27    | 24    |
| Wh+r (gr):                 | [2] | 14,74 | 14,8  | 16,01 | 15,23 | 13,21 |
| Ws+r (gr):                 | [3] | 12,4  | 12,68 | 13,79 | 13,45 | 12,01 |
| r (recipiente gr)          | [4] | 6,07  | 6,06  | 6,03  | 6,1   | 6,08  |
| Ww= [2]- [4] (gr)          | [5] | 8,67  | 8,74  | 9,98  | 9,13  | 7,13  |
| Ws= [3]- [4] (gr)          | [6] | 6,33  | 6,62  | 7,76  | 7,35  | 5,93  |
| w%=[6]/[5]x100             | [7] | 26,99 | 24,26 | 22,24 | 19,50 | 16,83 |
| No. Golpes:                | [8] | 11    | 19    | 22    | 28    | 35    |
| log (No. Golpes)=log ([8]) | [9] | 1,041 | 1,279 | 1,342 | 1,447 | 1,544 |

Gráfica: Humedad (%) vs log (No. Golpes)



| LÍMITE PLÁSTICO   |     |       |       |       |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|
| No. Ensayo        |     | 1     | 2     | 3     |
| No. Recipiente:   | [1] | 36    | 17    | 49    |
| Wh+r (gr):        | [2] | 11,8  | 12,17 | 11,92 |
| Ws+r (gr):        | [3] | 10,96 | 11,45 | 11,21 |
| r (recipiente gr) | [4] | 6,07  | 6,06  | 6,03  |
| Ww= [2]- [4] (gr) | [5] | 5,73  | 6,11  | 5,89  |
| Ws= [3]- [4] (gr) | [6] | 4,89  | 5,39  | 5,18  |
| w%=[6]/[5]x100    | [7] | 14,66 | 11,78 | 12,05 |

|                   |     |       |
|-------------------|-----|-------|
| <b>WL %:</b>      | [1] | 20,7  |
| <b>WP %:</b>      | [2] | 12,83 |
| <b>IP=[1]-[2]</b> | [3] | 7,87  |

Observaciones:  
Calculado por:

## PROCTOR MODIFICADO

**TRAMO INICIAL**



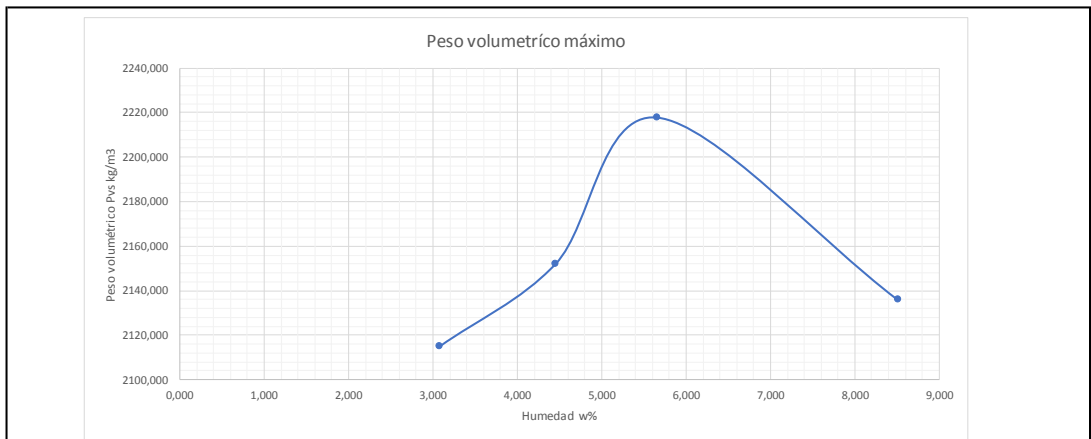
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**Prueba Proctor**  
**Referencia: Estándar AASHTO T-99 Modificado AASHTO T-180**

**FICT**  
 Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

|  |                            |                               |               |                                |    |
|--|----------------------------|-------------------------------|---------------|--------------------------------|----|
| <b>Proyecto:</b>                             | Diselo de vía en Naranjito | <b>Fecha:</b>                 | 18/12/2018    | <b>Standard Modificado</b>     | x  |
| <b>Volumen del cilindro, cm<sup>3</sup>:</b> | 944                        | <b>Peso del cilindro, gr:</b> | 2036          | <b>Altura de cilindro, cm:</b> | 15 |
| <b>Altura de caída del martillo:</b>         |                            | <b>Muestra:</b>               | Tramo inicial | <b>Diametro cilindro, cm:</b>  | 10 |
| <b>Número de golpes, N:</b>                  | 25                         | <b>Elevación:</b>             |               |                                |    |
| <b>Peso del martillo, gr:</b>                | 4535,4                     | <b>Operador:</b>              |               |                                |    |

| Cantidad de agua | Recipiente No. | Peso tierra humeda+r <sub>cp</sub> | Peso tierra seca+r <sub>cp</sub> | Peso del r <sub>cp</sub> | Peso del agua | Peso seco | w     | Peso tierra humeda+cilindro | Peso tierra humeda | 1+w/100 | Peso tierra seca | Peso volumétrico seco, Pvs |
|------------------|----------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------|-----------|-------|-----------------------------|--------------------|---------|------------------|----------------------------|
| cm <sup>3</sup>  |                | gr                                 | gr                               | gr                       | gr            | gr        | %     | kg                          | kg                 |         | kg               | kg                         |
| 50               | p'             | 320,17                             | 313,25                           | 95,2                     | 224,97        | 218,05    | 3,076 | 4,094                       | 2,058              | 1,031   | 1,997            | 2115,027                   |
| 80               | s'             | 379,61                             | 367,1                            | 98,6                     | 281,01        | 268,5     | 4,452 | 4,158                       | 2,122              | 1,045   | 2,032            | 2152,075                   |
| 150              | r'             | 371,78                             | 356,38                           | 99,5                     | 272,28        | 256,88    | 5,656 | 4,248                       | 2,212              | 1,057   | 2,094            | 2217,784                   |
| 200              | 44             | 277,79                             | 261,93                           | 91,28                    | 186,51        | 170,65    | 8,504 | 4,224                       | 2,188              | 1,085   | 2,017            | 2136,148                   |

|     |    |       |        |      |     |        |       |       |       |       |       |          |
|-----|----|-------|--------|------|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 100 | o' | 332,1 | 321,41 | 90,1 | 242 | 231,31 | 4,417 | 4,120 | 2,084 | 1,044 | 1,996 | 2114,234 |
|-----|----|-------|--------|------|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|



|                       |                                  |             |
|-----------------------|----------------------------------|-------------|
| <b>Observaciones:</b> | <b>Yd max (Kg/m<sup>3</sup>)</b> | <b>2218</b> |
|                       | <b>W óptimo (%)</b>              | <b>5,6</b>  |
|                       | <b>Responsable:</b>              |             |

**TRAMO CENTRAL**



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA  
 LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES

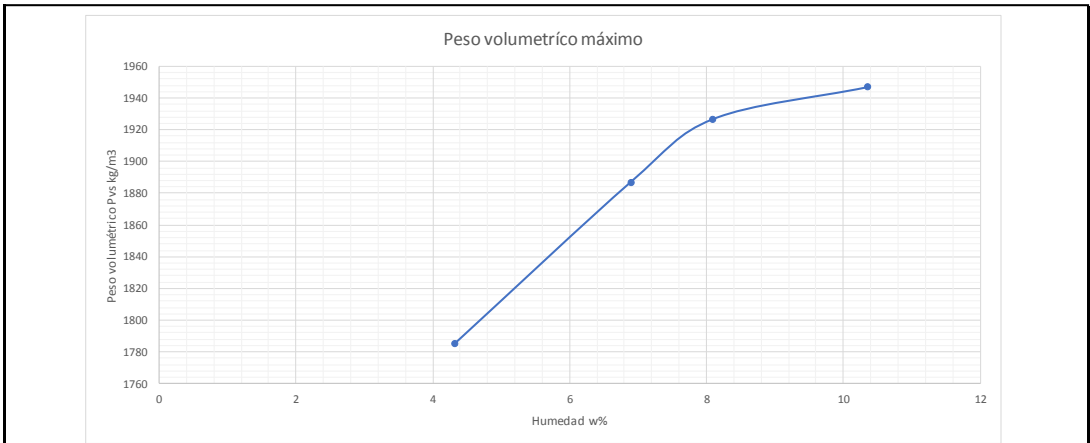
**FICT**

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Prueba Proctor  
 Referencia: Estándar AASHTO T-99 Modificado AASHTO T-180

|   |                            |                        |               |                         |    |
|---|----------------------------|------------------------|---------------|-------------------------|----|
| Proyecto:                               | Diselo de vía en Naranjito | Fecha:                 | 18/12/2018    | Standard Modificado     | x  |
| Volumen del cilindro, cm <sup>3</sup> : | 944                        | Peso del cilindro, gr: | 2036          | Altura de cilindro, cm: | 15 |
| Altura de caída del martillo:           |                            | Muestra:               | Tramo Central | Diametro cilindro, cm:  | 10 |
| Número de golpes, N:                    | 25                         | Elevación:             |               |                         |    |
| Peso del martillo, gr:                  | 4535,4                     | Operador:              |               |                         |    |

| Cantidad de agua | Recipiente No. | Peso tierra humeda+rcp | Peso tierra seca+rcp | Peso del rcp | Peso del agua | Peso seco | w          | Peso tierra humeda+cilindro | Peso tierra humeda | 1+w/100    | Peso tierra seca | Peso volumétrico seco, Pvs |
|------------------|----------------|------------------------|----------------------|--------------|---------------|-----------|------------|-----------------------------|--------------------|------------|------------------|----------------------------|
| cm <sup>3</sup>  |                | gr                     | gr                   | gr           | gr            | gr        | %          | kg                          | kg                 |            | kg               | kg/m <sup>3</sup>          |
| 50               | #7             | 211,35                 | 206,37               | 96,01        | 115,34        | 110,36    | 4,3176695  | 3,794                       | 1,758              | 1,04317669 | 1,68523703       | 1785,20872                 |
| 100              | #4             | 378,04                 | 358,29               | 91,4         | 286,64        | 266,89    | 6,89017583 | 3,94                        | 1,904              | 1,06890176 | 1,78126753       | 1886,93595                 |
| 150              | #8             | 198,28                 | 189,88               | 94,48        | 103,8         | 95,4      | 8,09248555 | 4,002                       | 1,966              | 1,08092486 | 1,81881283       | 1926,70851                 |
| 200              | #5             | 401,5                  | 369,59               | 93,12        | 308,38        | 276,47    | 10,3476231 | 4,064                       | 2,028              | 1,10347623 | 1,83782844       | 1946,85216                 |
| 300              | #6             | 347,4                  | 310,77               | 92,29        | 255,11        | 218,48    | 14,358512  | 3,998                       | 1,962              | 1,14358512 | 1,71565716       | 1817,43343                 |



|                |                              |         |
|----------------|------------------------------|---------|
| Observaciones: | Yd max (Kg/m <sup>3</sup> ): | 1946,85 |
|                | W óptimo:                    | 10,35   |
|                | Responsable:                 |         |

**TRAMO FINAL**



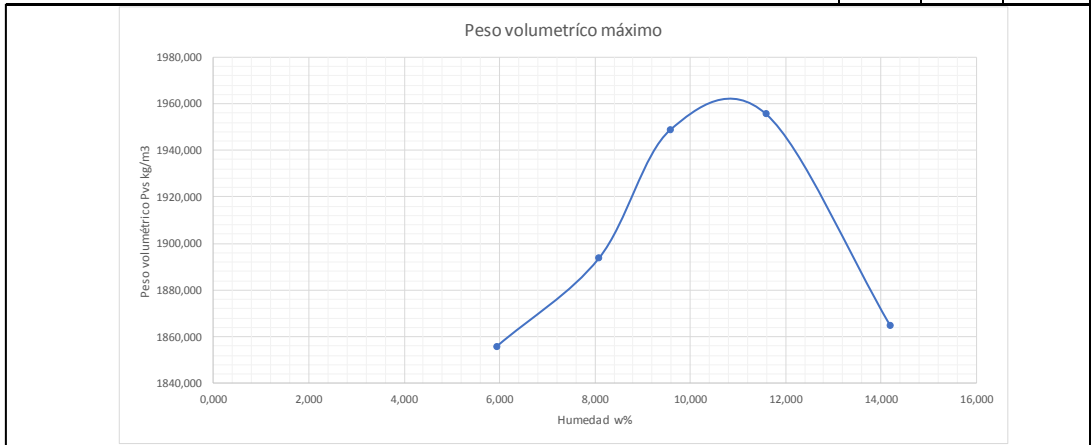
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

**FICT**  
 Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**Prueba Proctor**  
**Referencia: Estándar AASHTO T-99 Modificado AASHTO T-180**

|  |        |                               |             |                                |    |
|--|--------|-------------------------------|-------------|--------------------------------|----|
| <b>Proyecto:</b> Diselo de vía en Naranjito  |        | <b>Fecha:</b> 18/12/2018      |             | <b>Standard Modificado</b> x   |    |
| <b>Volumen del cilindro, cm<sup>3</sup>:</b> | 944    | <b>Peso del cilindro, gr:</b> | 2036        | <b>Altura de cilindro, cm:</b> | 15 |
| <b>Altura de Caída del martillo:</b>         |        | <b>Muestra:</b>               | Tramo final | <b>Diametro cilindro, cm:</b>  | 10 |
| <b>Número de golpes, N:</b>                  | 25     | <b>Elevación:</b>             |             |                                |    |
| <b>Peso del martillo, gr:</b>                | 4535,4 | <b>Operador:</b>              |             |                                |    |

| Cantidad de agua | Recipiente No. | Peso tierra humeda+rcp | Peso tierra seca+rcp | Peso del rcp | Peso del agua | Peso seco | w      | Peso tierra humeda+cilindro | Peso tierra humeda | 1+w/100 | Peso tierra seca | Peso volumétrico seco, Pvs |
|------------------|----------------|------------------------|----------------------|--------------|---------------|-----------|--------|-----------------------------|--------------------|---------|------------------|----------------------------|
| cm <sup>3</sup>  |                | gr                     | gr                   | gr           | gr            | gr        | %      | kg                          | kg                 |         | kg               | kg                         |
| 10               | p'             | 246,95                 | 237,94               | 95,2         | 151,75        | 142,74    | 5,937  | 3,892                       | 1,856              | 1,059   | 1,752            | 1855,909                   |
| 50               | 44             | 192,09                 | 183,95               | 91,28        | 100,81        | 92,67     | 8,075  | 3,968                       | 1,932              | 1,081   | 1,788            | 1893,701                   |
| 100              | o'             | 207,59                 | 196,34               | 90,1         | 117,49        | 106,24    | 9,575  | 4,052                       | 2,016              | 1,096   | 1,840            | 1948,973                   |
| 150              | r'             | 230,35                 | 215,19               | 99,5         | 130,85        | 115,69    | 11,586 | 4,096                       | 2,060              | 1,116   | 1,846            | 1955,628                   |
| 200              | s'             | 224,63                 | 206,75               | 98,6         | 126,03        | 108,15    | 14,187 | 4,046                       | 2,010              | 1,142   | 1,760            | 1864,692                   |



|                       |                                   |             |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------|
| <b>Observaciones:</b> | <b>Yd max (Kg/m<sup>3</sup>):</b> | <b>1962</b> |
|                       | <b>W óptimo (%):</b>              | <b>11</b>   |
|                       | <b>Responsable:</b>               |             |