

Área de conocimiento de ingeniería y afines

**“DISEÑO DE ESTRUCTURA DE  
PAVIMENTO ARTICULADO DE  
2.00 KM EN LA COMUNIDAD  
RURAL BARRIO 29 DE MAYO  
UBICADO EN EL MUNICIPIO DE  
SAN JUAN DEL SUR - RIVAS”**

Trabajo Monográfico para optar al título de  
Ingeniero Civil

**Elaborado por:**

Br. Christopher Alberto  
Ruiz Olivas  
Carnet: 2017-04481

Br. Cristian Josué  
Vásquez Martínez  
Carnet: 2017-04781

**Tutor:**

Ing. Keving Roberto  
Sánchez Rocha

## **DEDICATORIA**

La presente monografía lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ellos hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Br. Christopher Alberto Ruiz Olivas  
Br. Cristian Josué Vásquez Martínez

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad.

Gracias a nuestros padres por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Nacional de Ingeniería, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial a, Ing. Keving Roberto Sánchez Rocha tutor de nuestro proyecto de investigación quien nos ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

Br. Christopher Alberto Ruiz Olivas

Br. Cristian Josué Vásquez Martínez

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente estudio que lleva por título **“Diseño de estructura de pavimento articulado de 2.00 km en la comunidad rural barrio 29 de mayo ubicada en el municipio de san juan del sur-Rivas”** presenta la información básica y los criterios necesarios para el diseño de la estructura de pavimento con adoquín aplicando el método AASHTO-93.

De manera general los objetivos y resultados de este estudio se presentan en VI capítulos, que a continuación se detallan:

### **CAPITULO I: GENERALIDADES**

Corresponde a los aspectos generales del tema a desarrollar, como la descripción de las condiciones actuales de la vía y todos aquellos trabajos de investigación que preceden al que se está realizando, también aborda la importancia del porqué del tema, de acuerdo con los objetivos planteados y los diferentes aspectos esenciales.

### **CAPITULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO**

Se realizó un aforo vehicular en la estación 0+250 donde se contó el 100% de los vehículos que circulaban para luego estimar el Transito Promedio Diurno (TPDi) el cual se calculó por medio de los datos recolectados en el aforo vehicular realizado durante 3 días sobre la vía, con una duración de 12 horas consecutivas cada día (6:00 am – 6:00 pm) con el objetivo de determinar el Transito Promedio Diario Anual (TPDA) por medio de los factores de ajuste establecidos por el MTI de acuerdo a la Estación de Mayor Cobertura No.1802 San Marcos–Masatepe. Posteriormente se analizarán los datos históricos del Producto Interno Bruto (PIB), Población (POB), Estación de Corta Duración (ECD) No.7201 Rivas–La Chokolata–San Juan del Sur y consumo nacional de combustible, con la finalidad de estimar una tasa de crecimiento para proyectar el transito actual, esto en un periodo de diseño y posteriormente obtener el número de repeticiones por ejes equivalentes ESAL´S o W18.

### **CAPITULO III: ESTUDIO GEOTÉCNICO**

Se elaboraron 4 sondeos por cada kilómetro, las muestras se extrajeron a una profundidad de 1,50 mts, así mismo se extrajeron muestras del banco de materiales cori. Los ensayos realizados en el laboratorio siguieron procedimientos estándares descritos en las normas internacionales ASTM.

Se estudiaron los datos obtenidos de los ensayos para identificar los tipos de suelos existentes en el lugar de estudio, para determinar la factibilidad de su uso y su correcta utilización al momento de ejecutar la obra.

### **CAPITULO IV: ESTUDIO TOPOGRÁFICO**

El levantamiento fue asistido por una estación total, un visual, cinta métrica, también se elaboraron mojones de concreto y chapas para un correcto trazo, se utilizaron cinta métrica coordinado por un operador y un cadenero.

Se realizo un levantamiento altimétrico y planimétrico, con el fin de obtener las secciones transversales, longitudinales y las distintas alturas a lo largo de la carretera, para lo cual fue necesario recopilar información a detalle del camino, tales como, centro, bordes, taludes, hombros y cunetas o drenaje natural, y cualquier detalle necesario.

Las secciones se tomaron a cada 20 metros debido al estado de la carretera, excepto donde la visibilidad fue un obstáculo. Con dicho levantamiento se procedió a plasmar los resultados en AutoCAD Civil 3D para su respectivo análisis.

### **CAPITULO V: DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO**

El diseño de la estructura de pavimento se realizó utilizando el método que plantea la AASHTO-93, aplicando criterios de diseño para determinar los diferentes espesores con que estará conformada la estructura de pavimento.

Los principales valores de las variables para determinar los espesores de la estructura de pavimento articulado fueron: Grado de Confiabilidad, Desviación Estándar, Coeficiente de Drenaje, Capacidad de Serviciabilidad Inicial, Capacidad

de Serviciabilidad final, Número de Ejes Equivalentes, C.B.R. de Diseño y SN número estructural.

Conociendo las propiedades del suelo (CBR-Sub Rasante) y las proyecciones del tráfico (ESAL's de diseño), se procedió a calcular los espesores del paquete estructural utilizando los nomogramas de la guía AASHTO-93 y se finalizó haciendo uso del software Pavement Analysis Software Pavement Desing (WinPAS) para comprobar los resultados obtenidos manualmente.

## **CAPÍTULO VI: CALCULO DE COSTOS DIRECTOS**

La estimación de los costos directo y para la ejecución de la obra se tomaron los alcances según planos constructivos trabajando de la mano con el catálogo de etapas y sub etapas del Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE).

Para cuantificar las cantidades de materiales se tomaron en cuenta los requerimientos para cada sistema constructivo especificados en planos y para efectos de solicitud de materiales, se hizo uso de rendimiento según fichas técnicas de la misma manera el cálculo de los equipos pesado, así mismo el cálculo del transporte según la distancia y la cantidad de materiales a transportar, al mismo tiempo calculando costos de estos. Para el cálculo económico se procederá a realizar cotizaciones generando así ítems de costos totales por cada etapa constructiva.

## **TABLA DE CONTENIDO**

### **CAPITULO I. GENERALIDADES**

1.1.	Introducción.....	1
1.2.	Micro y macro localización .....	2
1.3.	Antecedentes .....	4
1.4.	Justificación.....	5
1.5.	Objetivos .....	6
1.5.1.	Objetivo general .....	6
1.5.2.	Objetivos específicos.....	6

### **CAPITULO II. ESTUDIO DE TRANSITO**

2.1.	Introducción.....	7
2.2.	Aforo vehicular .....	7
2.3.	Transito Promedio Diario Anual (TPDA).....	14
2.3.1.	Factores de ajuste .....	16
2.4.	Proyección de tráfico futuro.....	19
2.4.1.	Tasa de crecimiento vehicular (Tc).....	20
2.4.2.	Tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) .....	20
2.4.3.	Tasa de crecimiento poblacional .....	21
2.4.4.	Tasa de crecimiento histórico de TPDA de la (ECD).....	22
2.4.5.	Tasa de crecimiento del consumo de combustible .....	23
2.5.	Selección de la tasa de crecimiento .....	24
2.6.	Período de diseño .....	25
2.7.	Determinación del tránsito de diseño .....	25
2.7.1.	Factor de crecimiento (FC).....	26

2.7.2. Factor direccional (FD) .....	26
2.7.3. Factor de distribución por carril .....	26
2.8. Índice de serviciabilidad .....	28
2.9. Pérdida de serviciabilidad ( $\Delta$ PSI) .....	29
2.10. Número estructural asumido (SN) .....	29
2.11. Factor de equivalencia de carga F(ESAL´S) .....	29
2.12. Cálculo de ESAL´S de diseño .....	35

### **CAPITULO III. ESTUDIO GEOTECNICO**

3.1. Introducción.....	37
3.2. Estructura de pavimento .....	38
3.3. Trabajos de campo y laboratorio .....	41
3.3.1. Sondeo de línea.....	41
3.3.2. Perfil estratigráfico .....	47
3.3.3. Cálculo de CBR de diseño de sub rasante .....	47
3.3.4. Banco de materiales .....	51
3.4. Conformación de capas de pavimento. ....	55

### **CAPITULO IV. ESTUDIO TOPOGRAFICO**

4.1. Introducción.....	56
4.2. Actividades de campo realizadas .....	56
4.3. Actividades de gabinete .....	57
4.4. Clasificación de terreno .....	59

### **CAPITULO V. DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO**

5.1. Introducción.....	63
5.2. Método para el diseño de pavimento articulado (AASHTO-93).....	63

5.3 Variables a considerar, método AASHTO-93 .....	64
5.3.1. Confiabilidad.....	64
5.3.2. Desviación estándar .....	64
5.3.3. Serviciabilidad .....	65
5.3.4. Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr) .....	65
5.3.5. Coeficiente de drenaje.....	66
5.3.6. Coeficientes de las capas estructurales .....	67
5.3.7. Números estructurales .....	69
5.3.8. Cálculo de los espesores de la base (D <sub>2</sub> ) y sub-base (D <sub>3</sub> ) ...	74
5.4. Verificación de cálculos manuales con el software WinPas12 .....	76
<b>CAPITULO VI. CALCULO DE COSTOS DIRECTOS</b>	
6.1. Introducción.....	82
6.2. Consideraciones generales .....	83
6.3. Etapa y sub etapa de obras.....	84
6.3.1. Etapa 10: Obras preliminares.....	86
6.3.2. Etapa 20 movimiento de tierra.....	91
6.3.3. Etapa 30: Bordillo perimetral .....	104
6.3.4. Etapa 40: Carpeta de rodamiento.....	111
6.3.5. Etapa 50: Pintura.....	116
6.3.6. Etapa 60: Limpieza y entrega fina .....	118
6.4. Costos directos.....	118
CONCLUSIONES .....	121
RECOMENDACIONES .....	123
ANEXOS.....	I



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Resumen de conteo vehicular en ambos sentidos.....	9
Tabla N° 2: Distribución direccional por porcentaje de tipo de vehículo. .	11
Tabla N° 3: Transito promedio diario. ....	13
Tabla N° 4: Clasificación de regiones por código y departamento.....	15
Tabla N° 5: Dependencia de estaciones (San Marcos-Masatepe) .....	16
Tabla N° 6: Factores de ajuste del primer cuatrimestre.....	17
Tabla N° 7: TPDA del tramo en estudio Rivas-La Chocolate-San Juan del Sur.....	18
Tabla N° 8: Tasas de crecimiento del PIB .....	21
Tabla N° 9: Tasas de crecimiento poblacional.....	22
Tabla N° 10: Datos de TPDA ECD No. 7201 .....	22
Tabla N° 11: Tasa de crecimiento de combustible.....	23
Tabla N° 12: Promedio del PIB, POB, TPDA y Combustible .....	24
Tabla N° 13: Promedio del PIB, POB y Combustible.....	24
Tabla N° 14: Periodo de diseño .....	25
Tabla N° 15: Factor direccional.....	26
Tabla N° 16: Factor de distribución por carril.....	27
Tabla N° 17: Transito de Diseño.....	27
Tabla N° 18: Índice de serviciabilidad inicial y final.....	29
Tabla N° 19: Factores de ejes a interpolar en Kips (Vehículos livianos)..	30
Tabla N° 20: Factores de ejes a interpolar en Kips (Vehículos de pasajeros) .....	31
Tabla N° 21: Factores de ejes a interpolar en Kips (Vehículos de carga)	32
Tabla N° 22: Factores de ejes a interpolar en Kips (Vehículos pesados)	32

Tabla N° 23: Interpolación lineal para 2.20 Kips .....	33
Tabla N° 24: Interpolación lineal para 4.41 Kips .....	33
Tabla N° 25: Interpolación lineal para 8.82 Kips .....	33
Tabla N° 26: Interpolación lineal para 9.92 Kips .....	33
Tabla N° 27: Interpolación lineal para 11.02 Kips .....	34
Tabla N° 28: Interpolación lineal para 14.33 Kips .....	34
Tabla N° 29: Interpolación lineal para 17.64 Kips .....	34
Tabla N° 30: Interpolación lineal para 19.84 Kips .....	34
Tabla N° 31: Interpolación lineal para 22.05 Kips .....	35
Tabla N° 32: Interpolación lineal para 35.27 Kips .....	35
Tabla N° 33: Calculo de ESAL´S de diseño .....	36
Tabla N° 34: Ensayes implementados en las distintas muestras.....	38
Tabla N° 35: Especificaciones de materiales de terraplenes y subrasante. .....	39
Tabla N° 36: CBR mínimos de subrasante según la profundidad.....	39
Tabla N° 37: Especificaciones de materiales de sub-base .....	40
Tabla N° 38: Especificaciones de materiales de base .....	41
Tabla N° 39: Resumen de recolección de datos .....	42
Tabla N° 40: Resultado de ensayos sondeos de línea .....	44
Tabla N° 41: Comparación de resultados y requerimientos en capa Sub- rasante.....	45
Tabla N° 42: Criterio del Instituto de Asfalto para determinar el CBR de diseño de subrasante. ....	48
Tabla N° 43: Resumen de datos para cálculo de CBR de diseño.....	49
Tabla N° 44: Valores de CBR para el diseño de sub- rasante .....	50

Tabla N° 45: Resumen de recolección de muestras banco de materiales	52
Tabla N° 46: Resultado de ensayos sondeos Banco de materiales Cori .	53
Tabla N° 47: Comparación de resultas y requerimientos en capa Base. .	54
Tabla N° 48: Comparación de resultas y requerimientos en capa Sub-Base. .....	54
Tabla N° 49: Comparación de resultas y requerimientos en capa Sub- rasante.....	54
Tabla N° 50: tabla de descripción de puntos .....	58
Tabla N° 51: Coordenadas de BM. ....	59
Tabla N° 52: Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales.....	60
Tabla N° 53: Porcentaje de pendientes del tramo en estudio .....	61
Tabla N° 54: Coeficiente de confiabilidad en función del tipo de camino de proyecto.....	64
Tabla N° 55: Factores de desviación estándar combinado.....	65
Tabla N° 56: Ecuación de correlación para módulo de resiliencia de la subrasante (MR).....	66
Tabla N° 57: calidad de drenaje en función al porcentaje del tiempo de exposición de humedad.....	66
Tabla N° 58: Espesores mínimo y sugeridos por capa .....	74
Tabla N° 59: Etapas y sub etapas de la obra.....	84
Tabla N° 60: Costos de materiales de champa.....	88
Tabla N° 61: Costo de materiales sub etapa trazo y nivelación.....	90
Tabla N° 62: Resumen de volumen de corte y relleno.....	92
Tabla N° 63: Costo de materiales de bordillo.....	110
Tabla N° 64: resumen de costos directos .....	119

Tabla N° 65: Formato de aforo vehicular .....	III
Tabla N° 66: Conteo vehicular día martes 14/03/2023 .....	VI
Tabla N° 67: Conteo vehicular día miércoles 15/03/2023 .....	IX
Tabla N° 68: Conteo vehicular día jueves 16/03/2023 .....	XII
Tabla N° 69: Tipología de vehículos usada para conteos clasificados ...	XVI
Tabla N° 70: Factores equivalentes de carga para pavimento flexible, ejes simples, Pt= 2.0 .....	XVII
Tabla N° 71: Factores equivalentes de carga para pavimento flexible, ejes tándem, Pt: 2.0 .....	XVIII
Tabla N° 72: Diagrama de cargas permisibles de vehículos livianos y pasajeros .....	XIX
Tabla N° 73: Diagrama de cargas permisibles de vehículos pesados .....	XX
Tabla N° 74: Clasificación de las carreteras .....	XXI
Tabla N° 75: Coordenadas de levantamiento topográfico .....	XXII
Tabla N° 76: Salarios mínimos en Nicaragua .....	XXXVI
Tabla N° 77: Proporcionamiento de mezcla para concretos convencionales. ....	XXXVII
Tabla N° 78: Secciones típicas de prefabricados .....	XXXVIII
Tabla N° 79: Cotización de renta de equipos .....	XXXIX
Tabla N° 80: Cotización de materiales varios 1. ....	XL
Tabla N° 81: Cotización de materiales varios 2. ....	XLI
Tabla N° 82: Cotización de materiales Varios 3 .....	XLII
Tabla N° 83: Factura de compra de arena natura .....	XLIII
Tabla N° 84: Factura de compra de grava .....	XLIV
Tabla N° 85: Cotización de equipos BM .....	XLV

Tabla N° 86: Proforma Adoquín.....	XLVI
Tabla N° 87: Resumen total de corte y relleno .....	XLVII
Tabla N° 88: Volumen de capa de arena .....	L

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Macro localización del departamento de Rivas.....	2
Figura N° 2: Micro localización tramo de carretera Rivas–La chocolata ....	3
Figura N° 3: Ubicación del Aforo vehicular realizado para el tramo en estudio.....	8
Figura N° 4: Porcentaje por tipo vehículos registrados en el aforo. ....	10
Figura N° 5: Composición vehicular del TPDA .....	19
Figura N° 6: Perfil estratigráfico .....	47
Figura N°7: CBR de diseño de sub-rasante.....	51
Figura N° 8:Perfil longitudinal estación 0+000 – 2+000 .....	62
Figura N°9: Nomograma para la determinación del coeficiente estructural a2 .....	68
Figura N°10: Nomograma para la determinación del coeficiente estructural a3 .....	69
Figura N°11: Abaco de Diseño AASHTO, para el cálculo de SN <sub>2</sub> .....	72
Figura N°12: Abaco de Diseño AASHTO, para el cálculo de SN <sub>3</sub> .....	73
Figura N° 13: Diseño final de espesores.....	76
Figura N° 14: Elección de tipo de pavimento a diseñar .....	78
Figura N° 15: Introducción de datos.....	79
Figura N° 16: Calculo del número estructural mínimo requerido .....	80
Figura N° 17: Resultados de espesores requeridos para el diseño .....	81
Figura N° 18: Vista de planta champa provisional .....	86
Figura N° 19: Estructura de techo.....	87
Figura N° 20: Detalle típico de formaleta .....	106
Figura N° 21: Inicio del tramo en estudio. Latitud 11°25'29.30"N .....	1

Figura N° 22: Trayectoria del tramo en estudio. Latitud 11°24'27.58"N..... I

Figura N° 23: Trayecto del tramo en estudio. Est: 0+350 ..... II

Figura N° 24: Trayecto del tramo en estudio. Est: 1+750 ..... II

Figura N°25: Comportamiento vehicular de los días aforado (ambos sentidos) .....XV

# **CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

## **1.1. Introducción**

El desarrollo de cualquier país está basado fundamentalmente por un sinnúmero de actividades tales como la ganadería, el comercio, turismo, por mencionar algunas, pero para que dichas actividades mencionadas con anterioridad se desarrollan de una manera funcional se necesita de un buen transporte, tanto terrestre, aéreo como marítimo.

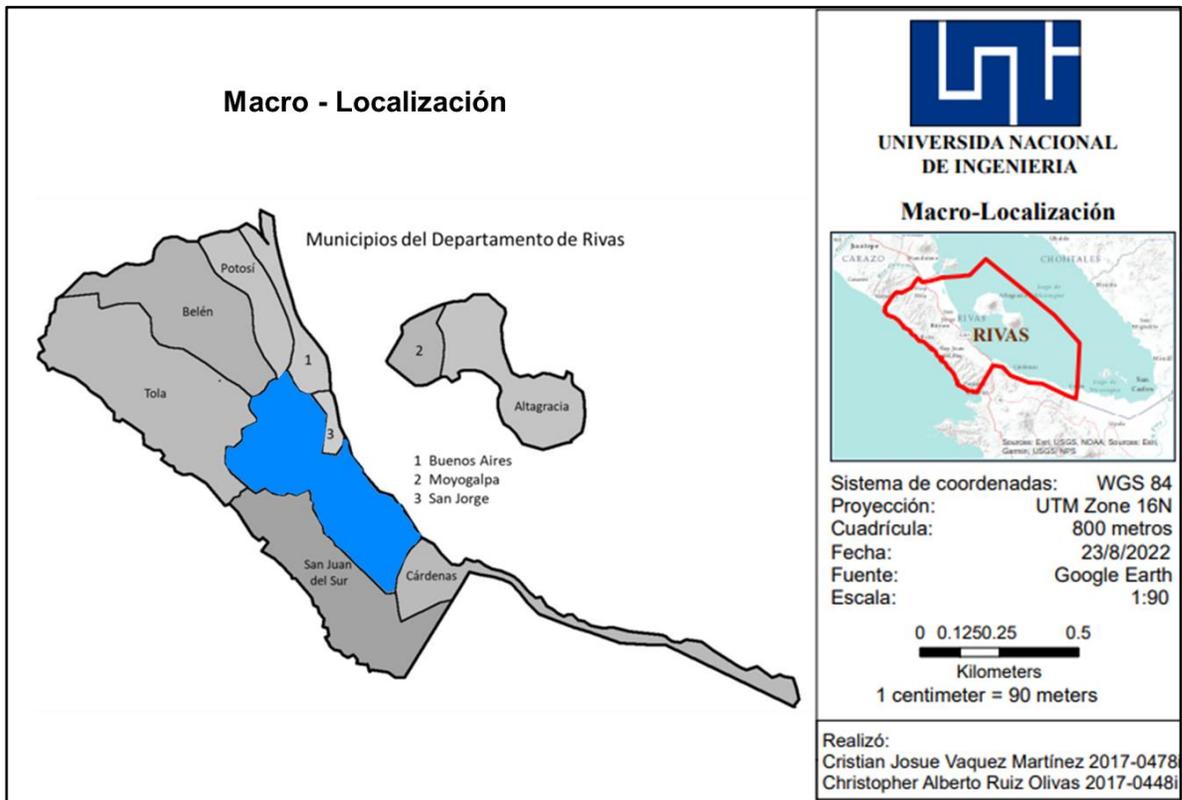
En nuestro país el transporte terrestre es uno de los más importantes y el más utilizado por la población, esto a su vez ha traído consigo el aumento en la movilización de vehículos con motores de gran potencia sobre las vías, lo antes expuesto nos obliga a mejorar y a modernizar la infraestructura vial, dando como resultado un tránsito más seguro y eficiente.

El tramo en estudio se encuentra en el departamento de Rivas sobre la carretera que atraviesa el barrio 29 de mayo la cual es muy reconocida por ser una vía histórica que comunica Rivas con San Juan del Sur. (Ver fig. 1, pág. 2.)

El presente documento tiene como finalidad demostrar los distintos procesos implementados para el diseño de pavimento articulado del tramo en cuestión, así mismo el estudio de los distintos requerimientos para un correcto diseño como lo son el estudio y factibilidad del tipo de suelo, estudios de tránsito, estudios topográficos y el cálculo económico que requiere la construcción de este proyecto, el cual contará con el apoyo de la Alcaldía de Rivas y el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

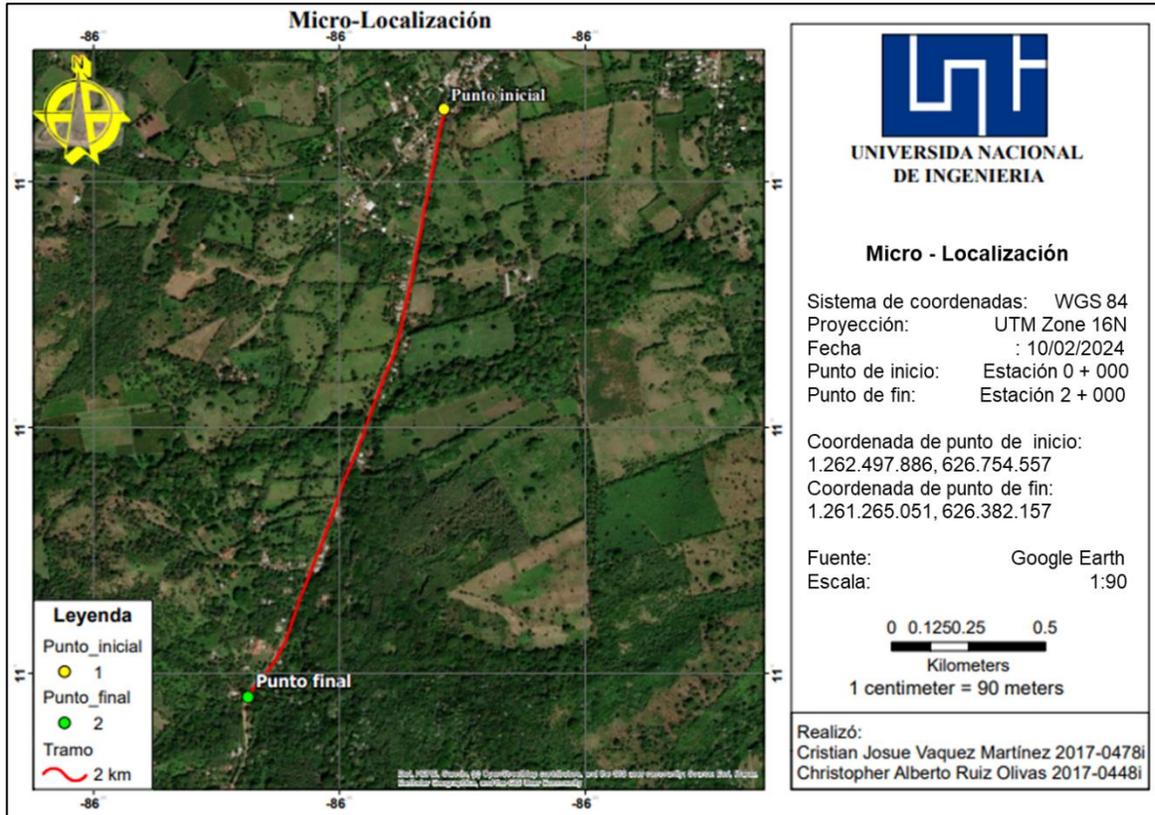
## 1.2. Micro y macro localización

Figura N° 1: Macro localización del departamento de Rivas



**Fuente:** Elaborado por sustentantes

**Figura N° 2: Micro localización tramo de carretera Rivas–La chocolata**



**Fuente:** Elaborado por sustentantes

### **1.3. Antecedentes**

Rivas es un municipio y una ciudad de la República de Nicaragua, cabecera del departamento de Rivas, situada en el suroeste del país en el antiguamente llamado valle de Nicaragua dentro del llamado istmo de Rivas.

El departamento de Rivas fue fundado en el año 1720 bajo el nombre formal de Villa de la Purísima Concepción de Rivas de Nicaragua, con el transcurso del tiempo la ciudad fue desarrollándose a través de un sin número de proyectos enfocados en el desarrollo de infra estructuras dando a sus habitantes una mejor calidad de vida.

En el rubro vial la última inversión declarada es de 28,035,840.00 córdobas programados por la alcaldía de Rivas enfocados a desarrollar 3.9 km de calles de tierra en vías adoquinadas. Los 3.9 km fueron ejecutados en diferentes fechas y calles de la ciudad, el primer proyecto se comenzó a ejecutar el 28 de febrero del año 2018 sobre la carretera que une el barrio San Francisco con el barrio 29 de mayo en el cual se adoquinaran 500 metros lineales y la meta es ir aumentando el trayecto año con año hasta llegar a la comunidad de la Chocolate que se localiza a 5km de Rivas.

También se destinó 500 ml para la calle que cruza por el barrio Luis Arrollo, de la comunidad de la Virgen.

A su paso también fueron destinados 650 ml a la calle que atraviesa al barrio Nicaraocalli, considerado uno de los más grandes de la ciudad y uno de los puntos más vulnerables a las inundaciones.

Para mantener la carretera en pleno funcionamiento la alcaldía municipal asigna un presupuesto para mantenimiento de tramo cada dos años. El último mantenimiento realizado sobre el tramo en estudio fue el 28 de enero del año 2023.

#### **1.4. Justificación**

El desarrollo económico de un país depende de un sinnúmero de factores que trabajan en conjunto para lograr dicho objetivo, entre ellas la construcción de infraestructura vial se consideran como obras estratégicas para el desarrollo.

Una obra vial bien planificada se traduce en reducción de los costos operativos proporcionando una mayor movilidad de personas, bienes y servicios; mejorando en tiempo, contaminación del ambiente, y brindando más impulso económico de las zonas por donde atraviesan.

La importancia de las carreteras radica en que es la columna vertebral del transporte, su construcción y mantenimiento se vuelven estratégicas para el desarrollo y crecimiento de un país que desea crecer en comercio interior y exterior.

El proyecto beneficiará directamente a habitantes del barrio 29 de mayo y las áreas aledañas que se ven afectados por el mal estado de la carretera. La falta de una infraestructura vial da paso a afectaciones directas proporcionadas por el clima, en épocas de verano el desprendimiento de polvo y los charcos en período lluvioso, factores los cuales afectan el tránsito vial y generan un sin número de consecuencias relacionados con la salud de los ciudadanos.

Es de conocimiento generalizado que el turismo se ha convertido en una de las actividades económicas más importante de nuestro país y en especial de nuestra región. El Turismo no sólo impacta al propio sector económico, sino que además influye fuertemente en los resultados de otros sectores, en un aumento de la calidad de vida de nuestros habitantes, un mejor aprovechamiento de nuestros atractivos naturales y su conservación como medio ambiente limpio y puro.

De la misma manera se verá beneficiado indirectamente el sector turístico brindándole una vía terrestre de mayor calidad a los turistas, vía que recorren cada año con destino al centro turístico San Juan del Sur y lugares aledaños.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

- Realizar el diseño de la estructura de pavimento articulado de 2.00 km en la comunidad rural barrio 29 de mayo ubicado en el municipio de San Juan del Sur - Rivas.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Realizar un aforo vehicular manual a través del cual se determinará el volumen de tránsito, el tránsito promedio diario anual (TPDA) y los ejes equivalentes.
- Analizar el estudio geotécnico del tramo y los bancos de materiales cercanos, determinando las características físico-mecánicas esenciales para el diseño de la estructura de pavimento.
- Realizar un levantamiento topográfico de la sección transversal y longitudinal del tramo en estudio, asistido mediante estación total, a fin de obtener información del relieve del sitio, para su posterior diseño.
- Diseñar la estructura de pavimento articulado utilizando los métodos y normas regidos por la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).
- Elaborar una estimación de costos directos para la ejecución del proyecto.

# **CAPÍTULO II:**

## **ESTUDIO DEL TRÁNSITO**

## **2.1. Introducción**

la Ingeniería de Tránsito se define como “aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por las calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte” (Cal y Mayor, Cárdenas, 2017)

El desarrollo de este estudio contempla los siguiente:

- Volúmenes de tránsito y tipología.
- Determinación del Transito Promedio Diario Anual (TPDA).
- Proyecciones de tránsito a futuro.
- Determinación de los ejes equivalentes de carga.

## **2.2. Aforo vehicular**

En el estudio de tránsito la medición básica más importante es el conteo o aforo, ya sea de vehículos, ciclistas, pasajeros y peatones. Los conteos se realizan para obtener estimaciones de Volumen, Tasa de flujo, demanda y capacidad (Cal y Mayor, Cárdenas, 2017. pág.180)

En este estudio se realizó un aforo manual de observación directa del tramo Rivas-La Chocolata- San Juan del Sur por sentido de la vía, durante un período de tiempo equivalente a 12 horas diurnas durante 3 días consecutivos (Martes Miércoles-jueves) tal como lo estipula el anuario de aforos de tráfico 2020. pág.5)

En la práctica se realizaron las siguientes actividades para la obtención de datos:

- Como punto de partida se seleccionó el punto de aforo ubicado a 250m a partir del punto de inicio, tomando en consideración que a lo largo del tramo no existe otra vía que aporte flujo vehicular.
- Se realizó el diseño de los formatos para la recolección de datos, así como la fecha y horarios del conteo. (Ver anexo, tabla. 65, pág. III, IV, V)

- Finalmente, una vez obtenida la información en campo, se procedió a su procesamiento mediante el uso de hojas electrónicas para efectuar el análisis correspondiente a los resultados arrojados.

**Figura N° 3: Ubicación del Aforo vehicular realizado para el tramo en estudio.**



**Fuente:** Google Earth Pro

Los resultados obtenidos en campo proporcionan un porcentaje de los diferentes tipos de vehículos que circulan por el tramo de estudio, lo cual es de vital importancia para el diseño del espesor de la estructura de pavimento.

A continuación, se presenta un consolidado del volumen de tránsito diario de los diferentes tipos de vehículos identificados en el conteo vehicular.

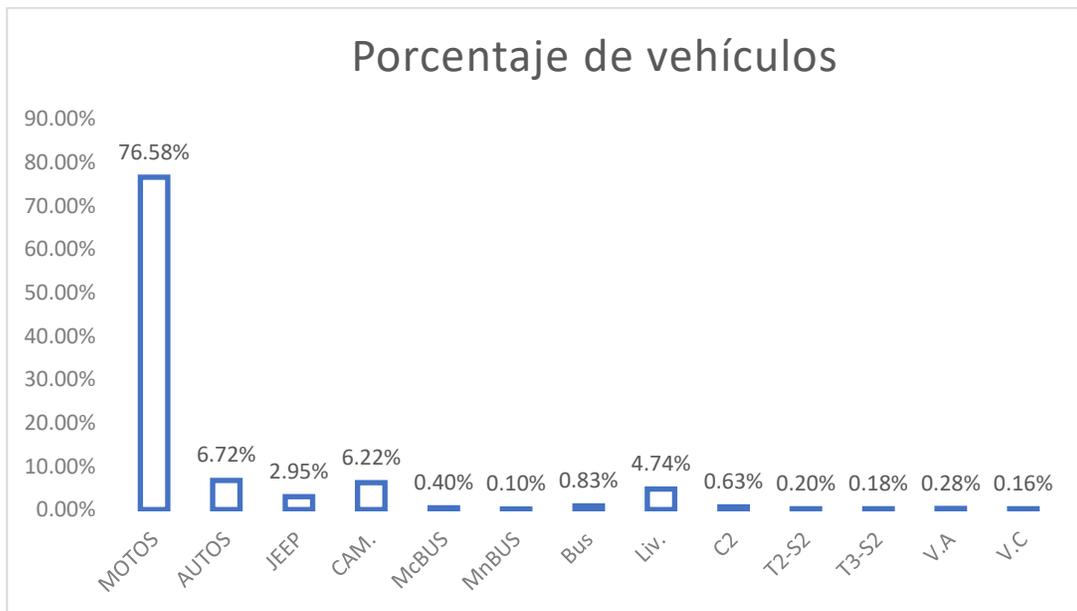
**Tabla N° 1: Resumen de conteo vehicular en ambos sentidos**

Est: 0+250	Tramo: Rivas - La Chocolate - San Juan del Sur							Fecha: Del martes 14/03/23 al jueves 16/03 /23				Ambos sentidos		
Días	Vehículo de pasajeros							Vehículo de carga				EQUIPO PESADO		TOTAL
	MOTOS	AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
Martes	1277	113	49	100	2	1	13	88	7	4	3	6	3	1666
Miércoles	1255	105	52	104	8	2	14	78	13	3	3	6	4	1647
Jueves	1262	115	45	104	10	2	14	69	11	3	3	2	1	1641
Total/veh	3794	333	146	308	20	5	41	235	31	10	9	14	8	4954
Total	4647							285				22		4954
Veh/12hr, % por tipo	76.58%	6.72%	2.95%	6.22%	0.40%	0.10%	0.83%	4.74%	0.63%	0.20%	0.18%	0.28%	0.16%	100.0%
	93.80%							5.75%				0.44%		100.0%

**Fuente:** Levantamiento de campo por los sustentantes

Se procedió a realizar un gráfico con los datos obtenidos donde se refleja el porcentaje por tipo de vehículos registrados en el aforo en ambos sentidos. Ver Figura N°4, se aprecia claramente que de los vehículos livianos el más representativo son las motocicletas que constituyen un 76.58% ya que son el medio de transporte de mayor demanda que circula en la zona, así como también los autos que poseen una circulación constante del 6.72%. Entre los vehículos de carga el más representativo es el Liv 2-5t con un 4.74%.

**Figura N° 4: Porcentaje por tipo vehículos registrados en el aforo.**



**Fuente:** *Elaboración Propia*

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del conteo por sentido de los tipos de vehículos que circulan por la vía. Los datos reflejados en la Tabla N°2 son un porcentaje global del conteo realizado con anterioridad durante 3 días consecutivos.

Durante la ejecución de esta actividad se observó que existía una pequeña variación en cuanto a la cantidad de vehículos que circulaban en ambas direcciones, es decir, que el comportamiento del tránsito es variado.

**Tabla N° 2: Distribución direccional por porcentaje de tipo de vehículo.**

Est: 0+250	Tramo: Rivas - La Chokolata - San Juan del Sur							Fecha: Del martes 14/03/23 al jueves 16/03 /23				Ambos sentidos			
Sentido del flujo vehicular	Vehículo de pasajeros							Vehículo de carga				EQUIPO PESADO		TOTAL, veh/12hr.	% por sentido
	MOTOS	AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C		
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.				
Rivas- La Chokolata- San Juan del Sur	1843	160	62	139	10	0	17	122	13	4	3	7	4	2384	48%
%Distribución	77.31%	6.71%	2.60%	5.83%	0.42%	0.00%	0.71%	5.12%	0.55%	0.17%	0.13%	0.29%	0.17%	100.0%	
San Juan del Sur- La Chokolade- Rivas	1951	173	84	169	10	5	24	113	18	6	6	7	4	2570	52%
%Distribución	75.91%	6.73%	3.27%	6.58%	0.39%	0.19%	0.93%	4.40%	0.70%	0.23%	0.23%	0.27%	0.16%	100.0%	
Total, Veh.	3794	333	146	308	20	5	41	235	31	10	9	14	8	4954	100.0%
%Total Veh.	76.61%	6.72%	2.93%	6.20%	0.40%	0.10%	0.82%	4.76%	0.62%	0.20%	0.18%	0.28%	0.16%	100.0%	

**Fuente:** Elaboración propia

### Transito Promedio Diurno TPDi

Se define como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del aforo. (Cal y Mayor, Cárdenas, 2017. P.184) De manera general se expresa con la siguiente ecuación:

$$TPDi = \frac{\textit{Acumulado de conteo vehicular por tipo de vehiculo}}{\textit{Cantidad de dias del aforo}}$$

**Ecuación N° 1**

$$TPDi \textit{ para motos} = 3794/3 = 1265 \textit{ Veh/12hrs}$$

**Tabla N° 3: Transito promedio diario.**

Est: 0+250	Tramo: Rivas - La Chokolata - San Juan del Sur							Fecha: Del 14/03/23 al 16/03 /23				Ambos sentidos		
	Vehículo de pasajeros							Vehículo de carga				EQUIPO PESADO		TOTAL, veh/12hr.
	MOTO S	AUTO S	JEEP	CAM.	McBU S	MnBU S	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
					<15 s.	15-30 s.								
Total, Veh/12hrs.	3794	333	146	308	20	5	41	235	31	10	9	14	8	4954
TPDi	1265	111	49	103	7	2	14	78	10	3	3	5	3	1651
%TPDi	76.58%	6.72%	2.95%	6.22%	0.40%	0.10%	0.83%	4.74%	0.63%	0.20%	0.18%	0.28%	0.16%	100.0%
	93.80%							5.75%				0.44%		100.0%

**Fuente:** Elaborado por sustentantes

### **2.3. Transito Promedio Diario Anual (TPDA)**

El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), es la unidad de medida habitual para indicar el uso o importancia de una carretera y se expresa en número de vehículos por día. Resultado del registro de volúmenes de tránsito en un punto, el TPDA obtenido tiende a ser representativo de un segmento de carretera, por lo que la escogencia del punto adecuado para localizar la estación requiere sumo cuidado y es fundamental para que los estudios sean válidos y no resulten distorsionados por factores locales de generación de tránsito. (MTI, 2021, Cap. 4, Pag.14)

Siendo que el primer paso para realizar investigaciones sobre volúmenes de tránsito es conocer el TPDA y sus tendencias de crecimiento, no es sino con el volumen horario crítico previamente seleccionado que se pueden fijar las normas de diseño, dándose relaciones porcentuales que son habitualmente consistentes entre dichos volúmenes horarios que reflejan la capacidad de un tramo de carretera. (MTI, 2021, Cap. 4, Pag.14)

Para determinar el TPDA del tramo en estudio fue necesario el uso de los factores de ajuste diario que son tomados del anuario de Aforo de tráfico 2020 (MTI).

#### **Selección de estación**

Para la selección de la estación de mayor cobertura se utilizó el método de clasificación de estación del anuario de Aforo de tráfico 2020 (MTI) el cual tiene como punto de partida la Identificación de Vectores de correspondencia y determinación de rangos para las categorías de vectores y categoría de vectores los cuales son:

- Vector Geográfico – R

El país se dividió en 5 regiones físicas/económicas de grandes rasgos dato del cual el tramo en estudio se encuentra en el vector R1 nombrado como región del pacífico sur ver tabla N°4 Clasificación de regiones por código y departamento.

**Tabla N° 4: Clasificación de regiones por código y departamento.**

N°.	Vector	Códigos	Nombre de Región	Departamentos
1	R1	PS	Pacífico Sur	Masaya, Granada, Carazo, Rivas
2	R2	PN	Pacífico Norte	León, Chinandega, Managua
3	R3	CN	Central Norte	Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega
4	R4	AS	Atlántico Sur	Región Autónoma del Caribe Sur (RACS), Río San Juan
5	R5	AN	Atlántico Norte	Región Autónoma del Caribe Norte (RACN)

Fuente: Elaborado por sustentantes.

- Volumen Total del Tráfico – V

El rango de volúmenes de TPDA en las estaciones cubiertas por el sistema varía desde menores de 300 hasta más de 50,000 vehículos por día, considerando que se dividen en 3 intervalos el cual el tramo en estudio se encuentra en  $V_2=TPDA$  entre 300 y 5000.

- Porcentaje de Vehículos Pesados en el Volumen Total Diario – C

La definición de categorías para este vector es dada por el porcentaje de vehículos de carga dentro del volumen total. El cual el tramo en estudio se clasifica en tipo C3 – Vehículos pesados < 25% del volumen total.

- Razón entre el Total de Vehículos tipo Cx/Tx y el total de vehículos pesados.

El vector se define como el coeficiente de vehículos tipo camiones de 4 y más ejes con relación al total de vehículos pesados, en este caso en particular se clasifica en tipo T3 < 20% de vehiculos articulados.

Una vez Definidos los vectores y sus rangos se realiza una clasificación de las estaciones de Conteo en base a la tipología y función en este caso se seleccionó la Estación de Corta Duración ECD 7201 tramo Rivas-La chocolate-San Juan del Sur, dicha estación contiene al tramo estudio y la estación de Mayor Cobertura a utilizar será la EMC 1802 San Marcos- Masatepe según la dependencia de las estaciones del anuario de aforos 2020 (ver tabla N°5, pág.16.)

De modo que el TPDA para fines de diseño se podrá estimar por la siguiente ecuación:

$$TPDA = TPDi * Fd * Fs * Fe$$

**Ecuación N° 2**

### 2.3.1. Factores de ajuste

Para estimar los valores del TPDA correspondiente a los datos obtenidos del conteo en el tramo, se aplicarán los factores correspondientes de los valores de los volúmenes de tráfico encontrados en la estación de corta duración seleccionada (ECD 7201, Rivas-La Chocolate-San Juan del Sur) la cual depende de la estación de mayor cobertura EMC 1802, San Marcos-Masatepe

**Tabla N° 5: Dependencia de estaciones (San Marcos-Masatepe)**

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	N° ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
<b>1802 San Marcos - Masatepe</b>	NIC-70B	7011	ECS	Emp. Hda. San Jacinto (Inter NIC-1) - Hda. San Jacinto
	NIC-71	7101	ECD	La Curva - Las Miradas
	NIC-71	7110A	ECD	Nueva Guinea - La Esperanza
	NIC-71	7110 B	ECD	La Esperanza - Naciones Unidas
	NIC-71	7110 C	ECD	Naciones Unidas - Bluefields
	NIC-72	7201	ECD	Rivas - La Chocolate - San Juan Del Sur
	NIC-73	7301	ECD	Tipitapa - Hda. San Juan ( La Plywood)
	NIC-74	7401	ECS	Nindirí - El Pochote
	NIC-74	7402	ECD	El Pochote - Masatepe
	NN-3	7702	ECS	Somoto - El Cairo - Icalupe
	NN-4	7701	ECD	Somoto - San Lucas
	NN-4	7703	ECS	San Lucas - Las Sabanas

**Fuente:** Anuario de aforo de tráfico año 2020.

se utilizarán los factores de ajuste correspondientes al primer cuatrimestre (enero - abril) del Anuario de Aforo de tráfico del año 2020, dado que el aforo vehicular fue realizado en el mes de marzo del año 2023. Estos factores se muestran en la (Tabla N° 6, pág. 17.)

**Tabla N° 6: Factores de ajuste del primer cuatrimestre.**

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv. 2-5t.	C2	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	V.A	V.C
Factor Día	1.34	1.29	1.18	1.25	1.23	1.14	1.38	1.15	1.20	1.00	1.32	1.00	1.00
Factor Semana	0.95	0.96	1.00	0.97	0.92	0.93	0.89	0.91	0.83	1.00	0.86	1.00	1.00
Factor Fin de Semana	1.15	1.11	0.99	1.08	1.30	1.22	1.44	1.33	2.07	1.00	1.69	1.00	1.00
Factor Expansión a TPDA	1.15	1.15	1.35	1.13	1.20	1.23	1.16	1.15	1.04	1.00	1.54	1.00	1.00

**Fuente:** Anuario de aforo de tráfico año 2020

Para expandir nuestro (TPDi a TPDA), solo fue necesario utilizar el factor día, factor semana y el factor expansión ya que el conteo se realizó durante 3 días consecutivos (martes, miércoles y jueves – en las fechas del 14 al 16 de marzo del 2023). A continuación, se presentan los resultados del cálculo del TPDA, haciendo uso de los factores de ajuste descritos anteriormente.

**Tabla N° 7: TPDA del tramo en estudio Rivas-La Chocolate-San Juan del Sur.**

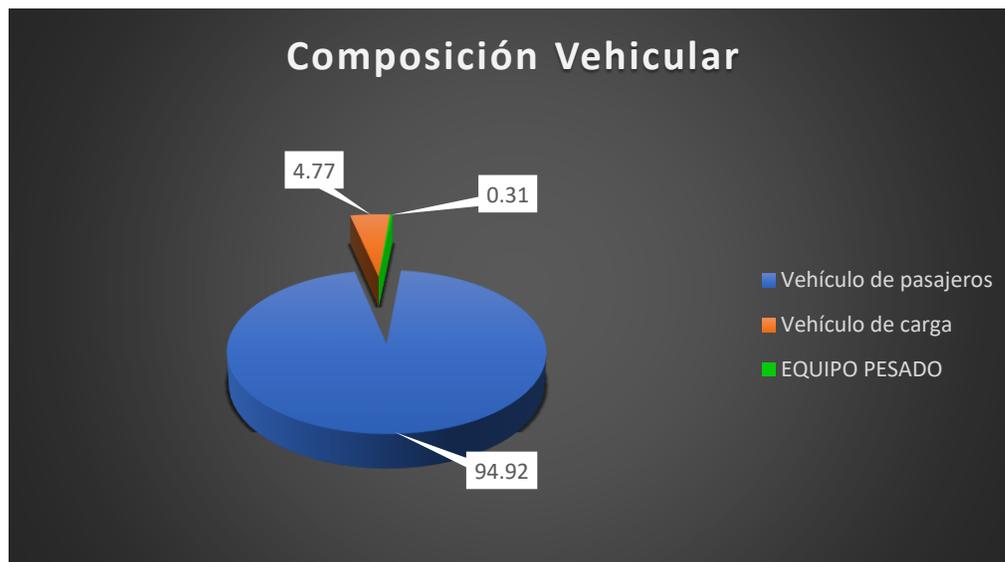
FACTORES/ TIPO DE VEHICULO	Vehículo de pasajeros							Vehículo de carga				EQUIPO PESADO		TOTAL
	MOTOS	AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
TPDI	1265	111	49	103	7	2	14	78	10	3	3	5	3	1651
Factor Dia	1,34	1,29	1,18	1,25	1,23	1,14	1,38	1,15	1,20	1,00	1,32	1,00	1,00	
Factor semana	0,95	0,96	1,00	0,97	0,92	0,93	0,89	0,91	0,83	1,00	0,86	1,00	1,00	
Factor Expansión	1,15	1,15	1,35	1,13	1,20	1,23	1,16	1,15	1,04	1,00	1,54	1,00	1,00	
TPDA	1851	158	78	141	9	2	19	94	11	3	5	5	3	2379
%TPDA	77,81	6,64	3,26	5,91	0,38	0,09	0,82	3,96	0,45	0,14	0,22	0,20	0,11	100,00
	94,92							4,77				0,31		100,00

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

El tránsito promedio diario anual del tramo (Rivas-La Chocolata-San Juan del sur) es de 2379 vehículos por día.

Como se puede apreciar en el figura N° 5 la composición vehicular del TPDA para el tramo en estudio es la siguiente: los vehículos de pasajero representan el 94.92% del TPDA total, luego están los vehículos de carga con un 4.77% y por ultimo los equipos pesados con un 0.31% del TPDA total.

**Figura N° 5: Composición vehicular del TPDA**



*Fuente: Elaborado por sustentantes.*

#### **2.4. Proyección de tráfico futuro**

La necesidad de datos, en base a las estimaciones del tráfico esperado para el diseño de carreteras modernas aumenta en función del costo de inversión. Las estimaciones confiables del tráfico futuro proporcionan la premisa en la cual los diseños económicos pueden ser desarrollados.

Para obtener el tránsito futuro es necesario tomar en cuenta los indicadores de crecimiento que presenta la zona donde se ubica el tramo en estudio. Tales indicadores son:

- Producto Interno Bruto (PIB)
- Índice de crecimiento poblacional

- Historial de conteo vehicular. (Obtenido de la estación de corta duración ECD 7201, Rivas-La Chocolate-San Juan del Sur)
- Consumo Nacional de combustible

Los indicadores mencionados con anterioridad permiten estimar la tasa de crecimiento vehicular, con la que se proyectará los volúmenes de tránsito del año en la que estará puesta en servicio del proyecto hasta el final del periodo.

#### **2.4.1. Tasa de crecimiento vehicular (Tc)**

Es el incremento anual de volumen de tránsito en la vía, expresado en porcentajes. Para determinar la tasa aplicamos la (ecuación N°3) la cual se encuentra en el manual de aforos vehicular, 2011. P. 14.

$$TC = \left( \left( \frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) * 100$$

**Ecuación N° 3**

#### **2.4.2. Tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB)**

Uno de los indicadores macroeconómicos más determinantes en el desarrollo de TPDA es el Producto Interno Bruto (PIB). Esta variable es el valor de todos los bienes y servicios finales producidas dentro de una nación en un período. Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró la tabla No.8 Con los datos históricos existentes de PIB de los últimos 12 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2010 al año 2022. Para calcular las diferentes TC la (ecuación N°3.)

La siguiente demostración corresponde al cálculo de la tasa de crecimiento entre el periodo 2010-2011

$$TC = \left[ \left( \frac{138654.2}{130416.3} \right)^{\frac{1}{1}} - 1 \right] * 100 = 6.32\%$$

Aplicando la ecuación anterior al registro histórico de PIB procedemos a calcular la tasa de crecimiento de los diferentes periodos a como se muestra en la tabla 8:

**Tabla N° 8: Tasas de crecimiento del PIB**

PRODUCTO INTERNO BRUTO PIB (En millones de C\$)		
AÑO	PIB	TC
2010	130416.3	-
2011	138654.2	6.32%
2012	147661.4	6.50%
2013	154936.8	4.93%
2014	162351.3	4.79%
2015	170131.6	4.79%
2016	177894.9	4.56%
2017	186133.6	4.63%
2018	179873.3	-3.36%
2019	174662.6	-2.90%
2020	171577.6	-1.77%
2021	189331.1	10.35%
2022	196432.5	3.75%
Promedio	2180057.2	5.03%

**Fuente:** Anuario de estadísticas macroeconómicas 2022, pág. 10.

La tasa de crecimiento anual del Producto Interno Bruto (PIB) promedio de los últimos 12 años es de 5.03%. Considerando únicamente las tasas positivas y menores a 10.

### 2.4.3. Tasa de crecimiento poblacional

Partiendo del Instituto Nacional de información de Desarrollo (INDE), se elaboró una tabla con los datos históricos existentes de POB en los últimos 13 años, donde se aprecia el comportamiento histórico desde el año 2010 al año 2022. En la tabla N°9 se presenta las tasas de crecimiento poblacional del 2010 al 2022.

**Tabla N° 9: Tasas de crecimiento poblacional**

Población		
AÑO	POBLACION	TC
2010	5815524	-
2011	5996619	3.11%
2012	6071045	1.24%
2013	6134270	1.04%
2014	6198154	1.04%
2015	6262703	1.04%
2016	6327927	1.04%
2017	6393824	1.04%
2018	6460411	1.04%
2019	6527691	1.04%
2020	6595674	1.04%
2021	6664364	1.04%
2022	6733763	1.04%
Promedio	82181969	1.23%

**Fuente:** Anuario estadístico 2021 (INDE), pág.30

La tasa de crecimiento anual poblacional promedio de los últimos 12 años es de 1.23%.

#### **2.4.4. Tasa de crecimiento histórico de TPDA de la (ECD)**

El tramo en estudio es la Estación de Corta Duración (EDC) No.7201 (Rivas-La chocolata-San Juan del Sur) la cual no posee continuidad en los conteos de los últimos años, habiéndose realizado el último en el año 2020, se procedió a calcular las tasas de crecimiento teniendo como resultado:

**Tabla N° 10: Datos de TPDA ECD No. 7201**

TPDA (ECD 7201)		
AÑO	TPDA	TC
1996	193	-
1999	184	-1.58%

TPDA (ECD 7201)		
2001	480	61.51%
2003	268	-25.28%
2006	385	12.83%
2010	696	15.95%
2015	426	-9.35%
2020	590	6.73%
Promedio	3222	6.73%

**Fuente:** Anuario de aforos de tráfico año 2020.

La tasa de crecimiento anual de la estación de corta duración (ECD) promedio es de 6.73%.

#### 2.4.5. Tasa de crecimiento del consumo de combustible

EL consumo de combustible es uno de los principales influyentes en el crecimiento del tráfico vehicular debido a que es la fuente de energía que permite movilizar a todo tipo de vehículo.

**Tabla N° 11: Tasa de crecimiento de combustible**

Consumo Nacional de combustible (Miles de Barriles)		
Año	Combustible	TC
2010	5143.1	-
2011	5388	4.76%
2012	5615.8	4.23%
2013	5788.2	3.07%
2014	6127.1	5.86%
2015	6813.7	11.21%
2016	7287.5	6.95%
2017	7596.4	4.24%
2018	7060.3	-7.06%
2019	7267.1	2.93%
2020	7210.1	-0.78%
2021	8072.6	11.96%
2022	8077.5	0.06%
Promedio	87447.4	4.01%

**Fuente:** Anuario de estadísticas macroeconómicas 2022, pág. 36.

La tasa de crecimiento anual del consumo nacional de combustible promedio de los últimos 12 años es de 4.01%.

## 2.5. Selección de la tasa de crecimiento

Obteniendo las tasas de crecimiento promedio del TPDA, POB y PIB a partir de las series de datos históricos se procedió a promediar las 3 tasas antes mencionadas obteniendo la tasa de crecimiento vehicular que se utilizará para las proyecciones del tránsito como se muestra en (tabla N°.12)

**Tabla N° 12: Promedio del PIB, POB, TPDA y Combustible**

Tasas de Crecimiento				
POB	COMBUS.	PIB	TPDA(ECD)	Promedio
1.23%	4.01%	5.03%	6.73%	4.25%

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

A través de la tabla anterior observamos que la tasa de crecimiento promedio es de 4.25% el cual es un valor elevado, esto es debido a la tasa de crecimiento anual de la estación de corta duración (ECD), valor que se discrimino ya que no representa la realidad del país debido a la inconsistencia de los años y los datos obtenidos.

El valor de la tasa de crecimiento promedio será tomado a partir de la tasa de crecimiento promedio del POB, PIB y el consumo de combustible.

**Tabla N° 13: Promedio del PIB, POB y Combustible**

Tasas de Crecimiento			
POB	COMBUS.	PIB	Promedio
1.23%	4.01%	5.03%	3.42%

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

La tasa de Crecimiento propuesta será de 3.42% para la proyección del tráfico en base al promedio de las tres variables.

## 2.6. Período de diseño

Es el número de años para el cual será diseñado específicamente el pavimento de la vía,

generalmente este valor varía entre los 10 y 40 años de vida. De acuerdo con la clasificación de la carretera, las características geométricas de la vía y el volumen actual del tránsito que circulará por ella.

Para una vía colectora menor rural se recomienda un periodo de diseño entre diez y veinte años como base para el diseño. Para este estudio se seleccionó un periodo de diseño de Veinte años ya que el tramo en estudio se categorizó como colectora rural, según la tabla de clasificación de carreteras (SIECA 2011, CAP.1. P.33) el cual usa el TPDA como sistema de clasificación. (Ver anexo, tabla 74. Pág.XXI).

**Tabla N° 14: Periodo de diseño**

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño
Autopista Regional	20 - 40 años
Troncales suburbanas	15 - 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10 - 20 años
Colectoras Rurales	

**Fuente:** Manual centroamericano para diseño de pavimento, SIECA 2002. Capítulo 7, pág.3.

## 2.7. Determinación del tránsito de diseño

El tránsito de diseño es el número de vehículos estimados que circularan anualmente por esta vía en el año final del periodo de diseño. Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se usará un tránsito de diseño (TD) el cual se determinará aplicando la ecuación N°4 la cual se encuentra en el manual para la revisión de estudio del tránsito, 2008. Pág. 88.

$$TD = TPDA_{2023} * FC * FD * FC'$$

**Ecuación N° 4**

### 2.7.1. Factor de crecimiento (FC)

El factor de crecimiento depende del número de años al que se proyectara el tránsito, la tasa de incremento anual vehicular; además refleja la medida en que aumentara el flujo vehicular en el periodo de diseño.

$$FC = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} * 365$$

**Ecuación N° 5**

$$FC = \frac{(1 + 3.42\%)^{20} - 1}{3.42\%} * 365 = 10241.15$$

### 2.7.2. Factor direccional (FD)

El factor direccional es el factor del total del flujo vehicular censado; generalmente su valor es de 0.5, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección; y la otra mitad va en otra dirección.

**Tabla N° 15: Factor direccional**

Sentidos	TOTAL, veh/12hr.	% por sentido
Rivas- La Chocolate- San Juan del Sur	2384	48%
San Juan del Sur- La Chocolate- Rivas	2570	52%
Total, Veh.	4954	100%

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

Considerando la condición ideal para vías de dos carriles en ambas direcciones; asignamos el valor de 0.52 para el tramo en estudio.

### 2.7.3. Factor de distribución por carril

El carril de diseño es aquel que recibe el mayor número de ESALs. Para un camino de dos carriles, cualquiera puede ser el carril de diseño, ya que el

tránsito por dirección forzosamente se canaliza en ese carril. En nuestro caso  $FC' = 1$ . Para caminos multicarril, el carril de diseño es el más externo, dado que los camiones y por lo tanto, la mayor parte de los ESALs, usan ese carril. En este caso  $FC'$  puede variar entre 1 y 0.5.

**Tabla N° 16: Factor de distribución por carril**

Número de carriles en una sola dirección	$FC'$
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

**Fuente:** Manual centroamericano para diseño de pavimento, SIECA 2002. Capítulo 3, pág.29.

Debido a las características físicas del tramo en estudio se tomará  $FC'=1$

En base a los datos anteriormente definidos se realizó la determinación del tránsito de diseño (TD), para cada tipo de vehículos, dicho resultado se puede observar en la Tabla N°17.

**Tabla N° 17: Transito de Diseño**

TIPO DE VEHICULOS	TPDA 2023	FC	$FC'$	FD	TRANSITO PARA EL CARRIL DE DISEÑO
Motos	1851	10241.15	1	0.52	9834047
Autos	158	10241.15	1	0.52	839427
Jeep	78	10241.15	1	0.52	414401
Cam.	141	10241.15	1	0.52	749109
McBus	9	10241.15	1	0.52	47815
MnBus	2	10241.15	1	0.52	10626
Bus	19	10241.15	1	0.52	100944

TIPO DE VEHICULOS	TPDA 2023	FC	FC'	FD	TRANSITO PARA EL CARRIL DE DISEÑO
Liv	94	10241.15	1	0.52	499406
C2	11	10241.15	1	0.52	58441
T2-S2 (<=4e)	3	10241.15	1	0.52	15938
T3-S2 (>=5e)	5	10241.15	1	0.52	26564
Vehículo Agrícola	5	10241.15	1	0.52	26564
Vehí. de construcción	3	10241.15	1	0.52	15938
TOTAL	2379			TOTAL	12639221

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

En esta tabla se muestra el tráfico proyectado el cual corresponde a 12,639,221 vehículos proyectados para el año 2043.

## 2.8. Índice de serviciabilidad

Según el Manual centroamericano para diseño de pavimento, SIECA 2002. Capítulo 3, pág.4. El índice de serviciabilidad de un pavimento, es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo; en otras palabras, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, de 5 (Perfecto); y un pavimento en franco deterioro o con un índice de final que depende de la categoría del camino y se adopta en base a esto y al criterio del proyectista, con un valor de 0. (Pésimas condiciones).

**Tabla N° 18: Índice de serviciabilidad inicial y final**

<b>Índice de serviciabilidad</b>
Po=4.5 para pavimentos rígidos
Po=4.2 para pavimentos flexibles
<b>Índice de serviciabilidad final</b>
Pt=2.5 para pavimentos rígidos
Pt=2.0 para pavimentos flexibles

**Fuente:** Manual centroamericano para diseño de pavimento, SIECA 2002. Capítulo 3, pág.4.

### **2.9. Pérdida de serviciabilidad ( $\Delta PSI$ )**

La pérdida de la serviciabilidad es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y final. Entre mayor sea el resultado, mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de falla. Según el Manual centroamericano para diseño de pavimento, SIECA 2002. Capítulo 7, pág.5 se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

**Ecuación N° 6**

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

### **2.10. Numero estructural asumido (SN)**

Es un número abstracto que expresa la capacidad estructural requerida por el pavimento para condiciones dadas de calidad de suelo, condiciones de tránsito, variación de serviciabilidad durante la vida útil del pavimento y condiciones ambientales. Se debe asumir un valor inicial de SN. Para este diseño se seleccionó el valor de SN=5.

### **2.11. Factor de equivalencia de carga F(ESAL´S)**

Conociendo la serviciabilidad final (Pt=2.0), el número estructural asumido (SN=5) y los pesos (las cargas se encuentran en Kips), se obtienen los factores de equivalencia (Ver Anexo tablas 70-71, pág. XVII, XVIII). Si los factores de

equivalencia de cargas en los ejes no se encuentran en estas tablas se deben de Interpolar dichos valores a través de la siguiente ecuación:

Demostración de interpolación lineal de 2.2 kips

$$y = y_o + \frac{y_1 - y_o}{x_1 - x_o} (x - x_o)$$

**Ecuación N° 7**

$$y = 0.0002 + \frac{0.002 - 0.0002}{4 - 2} (2.20 - 2) = 0.00038$$

**Tabla N° 19: Factores de ejes a interpolar en Kips (Vehículos livianos)**

Tipo de Vehículo	Especificación	
Autos		
	Peso x eje (Kips)	2,20
	Tipo de Eje	Simple
JEEP		
	Peso x eje (Kips)	2,20
	Tipo de Eje	Simple
CAM.		
	Peso x eje (Kips)	2,20
	Tipo de Eje	Simple

**Fuentes:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 20: Factores de ejes a interpolar en Kips (Vehículos de pasajeros)**

Tipo de Vehículo	Especificación	
Mc BUS (<15)		
Peso x eje (Kips)	4,41	8,82
Tipo de Eje	Simple	Simple
Mn BUS (15-30)		
Peso x eje (Kips)	8,82	17,64
Tipo de Eje	Simple	Simple
BUS		
Peso x eje (Kips)	11,02	22,05
Tipo de Eje	Simple	Simple

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 21: Factores de ejes a interpolar en Kips (Vehículos de carga)**

Tipo de Vehículo	Especificación		
LIV (2-5t)			
Peso x eje (Kips)	8,82		17,64
Tipo de Eje	Simple		Simple
C2			
Peso x eje (Kips)	11,02		22,05
Tipo de Eje	Simple		Simple
T2-S2 (<=4e)			
Peso x eje (Kips)	11,02	19,84	35,27
Tipo de Eje	Simple	Simple	Doble
T3-S2 (>=5e)			
Peso x eje (Kips)	11,02	35,27	35,27
Tipo de Eje	Simple	Doble	Doble

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 22: Factores de ejes a interpolar en Kips (Vehículos pesados)**

Tipo de Vehículo	Especificación	
Vehículo Agrícola		
Peso x eje (Kips)	9,92	14,33
Tipo de Eje	Simple	Simple
Vehículo de Construcción		
Peso x eje (Kips)	8,82	14,33
Tipo de Eje	Simple	Simple

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 23: Interpolación lineal para 2.20 Kips**

X	Y	Interpolacion lineal		
2	0,0002	4 - 2	0.002-0.0002	$2(y-0.0002)= 0.2(0.0018)$
2,20	y	2.20-2	y-0.0002	$y-0.0002= 0.00018$
4	0,002			$y= 0.00018+0.0002$
Resultado para 2.20 Kips				$y= 0.00038$

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 24: Interpolación lineal para 4.41 Kips**

X	Y	Interpolacion lineal		
4	0,002	6-4	0.009-0.002	$2(y-0.002)= 0.41(0.007)$
4,41	y	4.41-4	y-0.002	$y-0.002= 0.001435$
6	0,009			$y= 0.001435+0.002$
Resultado para 4.41 Kips				$y= 0.00344$

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 25: Interpolación lineal para 8.82 Kips**

X	Y	Interpolacion lineal		
8	0,031	10-8	0.079-0.031	$2(y-0.031)= 0.82(0.048)$
8,82	y	8.82-8	y-0.031	$y-0.031= 0.01968$
10	0,079			$y=0.01968+0.031$
Resultado para 8.82 Kips				$y= 0.0507$

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 26: Interpolación lineal para 9.92 Kips**

X	Y	Interpolacion lineal		
8	0,031	10-8	0.079-0.031	$2(y-0.031)= 1.92(0.048)$
9,92	y	9.92-8	y-0.031	$y-0.031= 0.04608$
10	0,079			$Y= 0.04608+0.031$
Resultado para 9.92 Kips				$y=0.0771$

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 27: Interpolación lineal para 11.02 Kips**

X	Y	Interpolacion lineal		
10	0,079	12-10	0.174-0.079	$2(y-0.079)= 1.02(0.095)$
11,02	y	11.02-10	y-0.079	$y-0.079=0.04845$
12	0,174			$y=0.04845+0.079$
Resultado para 11.02 Kips				$y=0.1275$

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 28: Interpolación lineal para 14.33 Kips**

X	Y	Interpolacion lineal		
14	0,338	16-14	0.603-0.338	$2(y-0.338)= 0.33(0.265)$
14,33	y	14.33-14	y-0.338	$y-0.338= 0.043725$
16	0,603			$y= 0.043725+0.338$
Resultado para 14.33 Kips				$y=0.3817$

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 29: Interpolación lineal para 17.64 Kips**

X	Y	Interpolacion lineal		
16	0,603	18-16	1.00-0.603	$2(y-0.603)= 1.64(0.397)$
17,64	y	17.64-16	y-0.603	$y-0.603= 0.32554$
18	1,00			$y= 0.32554+0.603$
Resultado para 17.64 Kips				$y=0.9285$

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 30: Interpolación lineal para 19.84 Kips**

X	Y	Interpolacion lineal		
18	1,00	20-18	1.57-1.00	$2(y-1.00)= 1.84(0.57)$
19,84	y	19.84-18	y-1.00	$y-1.00= 0.5244$
20	1,57			$y= 0.5244+1.00$
Resultado para 19.84 Kips				$y=1.5244$

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 31: Interpolación lineal para 22.05 Kips**

X	Y	Interpolacion lineal		
22	2,35	24-22	3.40-2.35	$2(y-2.35)= 0.05(1.05)$
22,05	y	22.05-22	y-2.35	$y-2.35= 0.02625$
24	3,40			$y= 0.02625+2.35$
Resultado para 22.05 Kips				$y=2.3763$

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 32: Interpolación lineal para 35.27 Kips**

X	Y	Interpolacion lineal		
34	1,08	36-34	1.38-1.08	$2(y-1.02)= 1.27(0.3)$
35,27	y	35.27-34	y-1.08	$y-1.08= 0.1905$
36	1,38			$y= 0.1905+1.08$
Resultado para 35.27 Kips				$y=1.2705$

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

## 2.12. Cálculo de ESAL'S de diseño

Para los cálculos de los ESAL's de diseño se multiplica el tránsito de diseño para cada tipo de vehículos por su respectivo factor de equivalencia

$$ESAL'S \text{ o } W18 = TD * Factor \text{ ESAL'S} \quad \text{Ecuación N° 8}$$

Donde:

TD: Transito de diseño

Factor ESAL'S: Factores de carga equivalentes

**Tabla N° 33: Calculo de ESAL´S de diseño**

Índice de serviciabilidad Pt:2.0			Numero estructural (SN):5		Periodo de diseño	
TIPO DE VEHICULO	PESO X		Tipo de eje	Factor ESAL´S	Tránsito de Diseño	ESAL´S de Diseño
	Tn	Kips				
MOTOS			Simple		9834047	
			Simple			
AUTOS	1.00	2.20	Simple	0.00038	839427	318.98
	1.00	2.20	Simple	0.00038		318.98
JEEP	1.00	2.20	Simple	0.00038	414401	157.47
	1.00	2.20	Simple	0.00038		157.47
CAM.	1.00	2.20	Simple	0.00038	749109	284.66
	2.00	4.41	Simple	0.00344		2573.19
Mc BUS (<15)	2.00	4.41	Simple	0.00344	47815	164.25
	4.00	8.82	Simple	0.0507		2423.29
Mn BUS (15-30)	4.00	8.82	Simple	0.0507	10626	538.51
	8.00	17.64	Simple	0.9285		9866.35
BUS (30+)	5.00	11.02	Simple	0.1275	100944	12865.28
	10.00	22.05	Simple	2.3763		239867.60
LIV (2-5t)	4.00	8.82	Simple	0.0507	499406	25309.89
	8.00	17.64	Simple	0.9285		463718.41
C2	5.00	11.02	Simple	0.1275	58441	7448.32
	10.00	22.05	Simple	2.3763		138870.72
T2-S2 (<=4e)	5.00	11.02	Simple	0.1275	15938	2031.36
	9.00	19.84	Simple	1.5244		24296.63
	16.00	35.27	Tandem	1.2705		20249.85
T3-S2 (>=5e)	5.00	11.02	Simple	0.1275	26564	3385.60
	16.00	35.27	Tandem	1.2705		33749.75
	16.00	35.27	Tandem	1.2705		33749.75
VEH. AGRICOLA	4.50	9.92	Simple	0.0771	26564	2047.56
	6.50	14.33	Simple	0.3817		10140.20
VEHI. CONSTRUCCIÓN	4	8.82	Simple	0.0507	15938	807.76
	6.5	14.33	Simple	0.3817		6084.12
<b>TOTAL, ESAL´S DE DISEÑO (W18)</b>						<b>1041425.963</b>

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

Para el diseño del tramo en estudio se obtuvo un valor ESAL´S de 1,041,425.963 ejes equivalente llamado también eje estándar el cual tiene un peso de 8.2 toneladas (18000 lb).

**CAPÍTULO III:**  
**ESTUDIO GEOTÉCNICO**

### **3.1. Introducción**

Antes de ejecutar cualquier proyecto de obra civil o edificación es necesario realizar una serie de estudios geotécnicos, el cual nos permite mediante ensayos específicos conocer las características que posee el suelo, dicho suelo es la base fundamental de todo proyecto ya que este se encarga de disipar todas las cargas que transmiten las infraestructuras.

Como punto de partida se realizaron sondeos para la extracción de muestras en ambas direcciones (derecha e izquierda), a una distancia aproximadamente de doscientos cincuenta metros entre sí, obteniendo un total de ocho sondeos y catorce muestras.

También se consideró realizar un sondeo y extraer estrados de un banco de materiales, en este caso en particular se realizó un sondeo en banco de materiales aledaño en donde se extrajeron 4 tipos de materiales los cuales se pretende conocer sus características físicas con el fin de ser utilizados en caso de que el material encontrado en sitio no cumpla con las características requerida para la estructura de pavimento (sub rasante, base, sub base).

Los ensayos a implementar nos permitirán conocer la humedad, Valor de Soporte (CBR), Granulometría, Límites de Atterberg) y Densidad de las muestras extraídas, estos ensayos se realizaron en conformidad a lo establecido en las Normas de la ASTM (Asociación Internacional para la Prueba de Materiales), y AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes), los cuales podemos observar en la siguiente tabla:

**Tabla N° 34: Ensayes implementados en las distintas muestras**

<b>Tipo de ensayo</b>	<b>Designación AASHTO</b>	<b>Designación ASTM</b>
Humedad natural	-	ASTM D-2216
Análisis granulométrico de suelos	AASHTO T-2788	ASTM D-422
Limite liquido	AASHTO T-8990 y 9087	ASTM D-423
Limite plástico	AASHTO T-9097	ASTM D-424
Ensayo Proctor estándar	AASHTO T-99	ASTM D-698
Ensayo C.B.R.	AASHTO T-193-81	ASTM-D-1883

*Fuente:* AASHTO, Tercera Edición. Año 2003. Páginas 53-85.

### **3.2. Estructura de pavimento**

Un pavimento está constituido por una serie capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Los elementos principales para una estructura de pavimento son:

#### **✓ Sub-rasante**

Es la capa de terreno natural de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno, y una vez compactada debe de tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. (Coronado, 2002. Cap.5, pág.2)

El espesor de la estructura de pavimento dependerá de gran parte de la calidad de la sub-rasante por lo que esta debe de cumplir con los requisitos establecidos en la norma NIC 2019. Los materiales apropiados para esta capa son los suelos granulares. (Coronado, 2002. Cap.5, pág.2)

**Tabla N° 35: Especificaciones de materiales de terraplenes y subrasante.**

Propiedades	Terraplenes	Capa sub-rasante	Metodología
<b>Limite Liquido</b>	40% máx.	30% máx.	AASTHO-89
<b>Limite Plástico</b>	40% máx.	30% máx.	AASTHO-90
<b>CBR</b>	10% min.	8% min.	AASTHO-193
<b>%Malla No.200</b>	40% máx.	30% máx.	AASTHO-96
<b>Compactación</b>	95% min. Del peso volumétrico seco máx. (AASTHO-99)	95% min. Del peso volumétrico seco máx. (AASTHO-T-180)	AASTHO-191 Y/O T-238 (In situ)

**Fuente:** Especificaciones generales NIC-2019, tomo II, sección 1003. PP.824-825.

**Tabla N° 36: CBR mínimos de subrasante según la profundidad.**

Profundidad debajo de la subrasante (cm)	CBR mínimo requerido (%)
0 – 20	8
20 – 40	6
40 – 60	4

**Fuente:** Especificaciones generales NIC-2019, tomo I, sección 205. P.103

#### ✓ **Sub-Base**

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento. (Coronado, 2002. Cap.5, pág.3)

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada. (Coronado, 2002. Cap.5, pág.3)

Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles. (Coronado, 2002. Cap.5, pág.3)

**Tabla N° 37: Especificaciones de materiales de sub-base**

PROPIEDAD	ESPECIFICACIÓN	METODOLOGÍA
Limite Liquido	25% máx.	AASHTO-89
Limite Plástico	6% máx.	AASHTO-90
CBR	40% min.	AASHTO-193
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
Compactación	95% min. Del peso volumétrico seco máx.	AASHTO-191 Y/O T-238 (In situ)

**Fuente:** Especificaciones NIC-2019, tomo II, sección 1003.P.826.

#### ✓ **Base**

Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura. (Coronado, 2002. Cap.5, pág.4)

El material de la base debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC 2019.

**Tabla N° 38: Especificaciones de materiales de base**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>REQUERIMIENTO</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
Limite Liquido	25% máx.	AASHTO-89
Limite Plástico	6% máx.	AASHTO-90
CBR	80% min.	AASHTO-193
Desgaste de los Angeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
Compactación	95% min. Del peso volumétrico seco máx.	AASHTO-191 Y/O T-238 (In situ)

*Fuente:* Especificaciones NIC-2019, tomo II, sección 1003.P.827.

### **3.3. Trabajos de campo y laboratorio**

#### **3.3.1. Sondeo de línea**

- **Recolección de muestras**

Se realizó visita de campo en la fecha del 20 de enero del año 2023, fecha donde lugar la apertura de ocho calicatas a cielo abierto extrayendo así catorce muestras de suelo las cuales fueron transportadas a laboratorio para preceder a elaborar los ensayos correspondientes para el objeto de estudio.

Las calicatas de elaboraron con una sección de 0.40m x 0.40m y una profundidad de 1.50 m con el finde obtener la cantidad adecuada de material.

**Tabla N° 39: Resumen de recolección de datos**

Desplante	Localización de Muestreo		Identificación de Muestras	
	Estación	Banda	Sondeo	Muestra
			No.	No.
0.00-0.17	0+000	Izquierda	C1	M1
0.17-1.50	0+000	Izquierda	C1	M2
0.00-0.80	0+250	Izquierda	C2	M1
0.80-1.50	0+250	Izquierda	C2	M2
0.00-1.50	0+500	Izquierda	C3	M1
0.00-1.50	0+750	Izquierda	C4	M1
0.00-0.44	1+000	Derecha	C5	M1
0.44-1.20	1+000	Derecha	C5	M2
1.20-1.50	1+000	Derecha	C5	M3
0.00-0.30	1+250	Derecha	C6	M1
0.30-1.50	1+250	Derecha	C6	M2
0.00-1.50	1+500	Derecha	C7	M1
0.00-0.30	2+000	Derecha	C8	M1
0.30-1.50	2+000	Derecha	C8	M2

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

- **Ensayes de laboratorios**

Estos ensayes se elaboraron en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en el cual se solicitó previamente el permiso correspondiente.

Se procedió a elaborar con orden cronológico los distintos tipos de ensayes obteniendo como resultante tres tipos de suelos predominantes, gravas y arenas arcillosas A-2-6, gravas y arenas limosas A-2-4, y suelos limosos A-4 también con menos presencia suelos limosos tipo A-6. Con un índice de grupo (IG) que varía entre cero y ocho. Cuyos suelos por sus características físicas son clasificados como regulares para la elaboración de terraplenes y capas de pavimento articulado.

A continuación, resumen de datos obtenidos:

**Tabla N° 40: Resultado de ensayos sondeos de línea**

Desplante	Localización de Muestreo		Identificación de Muestras		Granulometría (% que pasa)												Ensayo AASHTO T 90			Clasificación	Ensayo AASHTO T 193		
					L.L			L.P			I.P			C.B.R.									
	Estación	Banda	Sondeo No.	Muestra No.	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	%	%	%	AASHTO M 145	90,00 (%)	95,00 (%)	100,00 (%)
0.00-0.17	0+000	Izquierda	C1	M1	100	100	100	94,7	85,8	82	74,2	69,2	59	48,2	34,1	25,6	38	23	15	A-2-6 (1)	21,63	25,00	28,33
0.17-1.50	0+000	Izquierda	C1	M2	100	100	100	100	92,5	88,3	83,4	79	67,1	52,6	34,5	25	40	26	14	A-2-6 (0)	21,63	23,00	28,33
0.00-0.80	0+250	Izquierda	C2	M1	100	100	100	94,8	80,8	68,4	55,8	51	38,8	28,3	18,5	12,6	39	23	16	A-2-6 (0)	16,00	18,00	19,00
0.80-1.50	0+250	Izquierda	C2	M2	100	100	100	92,3	91,5	87,1	80,9	75,5	64,7	54,2	42,4	35,2	29	17	12	A-6 (0)	6,00	7,00	8,00
0.00-1.50	0+500	Izquierda	C3	M1	100	100	100	98	96,3	96,3	96,3	95,6	94,8	91,6	83,8	82,6	75	42	33	A-7-5 (33)	0,00	0,00	0,00
0.00-1.50	0+750	Izquierda	C4	M1	100	100	100	100	100	100	99,4	98,3	94,9	89,4	74,1	54,6	38	28	10	A-4 (4)	9,00	15,00	42,47
0.00-0.44	1+000	Derecha	C5	M1	100	100	100	100	100	100	98,6	98,1	96,5	94,9	89	70,9	39	28	11	A-6 (8)	6,00	7,00	7,00
0.44-1.20	1+000	Derecha	C5	M2	100	100	100	100	100	100	99,9	98,2	94,8	79,2	38,6	39	32	7	A-4 (1)	10,00	18,00	42,00	
1.20-1.50	1+000	Derecha	C5	M3	100	100	100	100	98,4	97,2	95,4	90,2	84,4	65	43,7	42,5	35	27	8	A-4 (2)	10,00	20,00	42,00
0.00-0.30	1+250	Derecha	C6	M1	100	100	100	100	100	97	95,8	91,9	84,8	44	23,1	21,3	32	25	7	A-2-4 (0)	22,00	47,00	66,00
0.30-1.50	1+250	Derecha	C6	M2	100	100	100	85	76	65,6	57,9	43,6	32,1	19,6	13,3	12,7	39	31	8	A-2-4 (0)	15,00	38,00	75,00
0.00-1.50	1+500	Derecha	C7	M1	100	100	100	89,5	83,8	77,7	69,4	61	52,6	40,3	28	26,6	N.P.	N.P.	N.P.	A-2-4 (0)	16,00	33,00	71,00
0.00-0.30	2+000	Derecha	C8	M1	100	100	100	100	100	95	93,5	86,5	76,9	51,7	36,5	35,3	31	21	10	A-4 (0)	10,00	15,00	42,00
0.30-1.50	2+000	Derecha	C8	M2	100	100	96,2	89,1	82,7	75,5	70,9	59,4	52,1	38	24,9	24,5	29	19	10	A-2-4 (0)	17,00	38,00	71,00

*Fuente: Elaborado por sustentantes.*

A partir de los requerimientos de diseño de cada capa podemos determinar si el material existente en sitio es útil en la conformación de la estructura de pavimento.

**Tabla N° 41: Comparación de resultados y requerimientos en capa Sub-rasante.**

Sondeo	Muestra	Pasa No. 200			L.L %			L.P %			CBR 95%		
No.	No.	resultado obtenido	Req.	Valoración	resultado obtenido	Req.	Valoración	resultado obtenido	Req.	Valoración	resultado obtenido	Req.	Valoración
C1	M1	25,60	30% máx	Cumple	38	30% máx	No cumple	23	30% máx	Cumple	25	08% min.	Cumple
C1	M2	25,00		Cumple	40		No cumple	26		Cumple	23		Cumple
C2	M1	12,60		Cumple	39		No cumple	23		Cumple	18		Cumple
C2	M2	35,20		No cumple	29		Cumple	17		Cumple	7		No cumple
C3	M1	82,60		No cumple	75		No cumple	42		No cumple	0		No cumple
C4	M1	54,60		No cumple	38		No cumple	28		Cumple	15		Cumple
C5	M1	70,90		No cumple	39		No cumple	28		Cumple	7		Cumple

Sondeo	Muestra	Pasa No. 200			L.L %			L.P %			CBR 95%		
No.	No.	resultado obtenido	Req.	Valoración	resultado obtenido	Req.	Valoración	resultado obtenido	Req.	Valoración	resultado obtenido	Req.	Valoración
C5	M2	38,60	30% máx.	No cumple	39	30% máx	No cumple	32	30% máx	No cumple	18	08% min.	Cumple
C5	M3	42,50		No cumple	35		No cumple	27		Cumple	20		Cumple
C6	M1	21,30		Cumple	32		No cumple	25		Cumple	47		Cumple
C6	M2	12,70		Cumple	39		No cumple	31		No cumple	38		Cumple
C7	M1	26,60		Cumple	N.P.		Cumple	N.P.		Cumple	33		Cumple
C8	M1	35,30		No cumple	31		No cumple	21		Cumple	15		Cumple
C8	M2	24,50		Cumple	29		Cumple	19		Cumple	38		Cumple

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

Mediante esta comparación concluimos que el material existente no cumple con los requerimientos para ser usado como material de base y sub- base, si embarco este material puede ser usado como relleno de subrasante debido a que sus características cumplen con los requerimientos planteados anteriormente.

### 3.3.2. Perfil estratigráfico

**Figura N° 6: Perfil estratigráfico**

Estación	0+250	0+500	0+750	1+000	1+250	1+500	1+750	2+000
Profundidad (m)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
0,10	A-2-6 (1)							
0,20								
0,30	A-2-6 (0)	A-2-6 (0)	A-7-5 (3)	A-4(4)	A-4(1)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)
0,40								
0,50								
0,60								
0,70	A-2-6 (0)	A-6 (0)			A-4(2)			
0,80								
0,90								
1,00								
1,10								
1,20								
1,30								
1,40								
1,50								

*Fuente: Elaborado por sustentantes.*

### 3.3.3. Cálculo de CBR de diseño de sub rasante

Aplicando el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR DE DISEÑO, el cual mediante el (ESAL´S) calculado en el estudio de tránsito podemos calcular el percentil de diseño, valor que está en dependencia del intervalo en que se encuentre según tabla N°42.

ESAL´S calculado: 1,041,425.963 PSi

**Tabla N° 42: Criterio del Instituto de Asfalto para determinar el CBR de diseño de subrasante.**

<b>Cargas equivalentes Totales (ESAL´S)</b>	<b>Percentil de diseño (%)</b>
< de 10,000 ESAL´S	60.00
Entre 10,000 - 1,000,000 ESAL´S	75.00
> de 1,000,000 ESAL´S	87.50

**Fuente:** Fuente: Instituto del Asfalto. Thickness design – Asphalt pavements for highways and streets Manual Series No 1. Novena edición (Revisión). Lexington, 2011. P. 26.

Mediante la tabla obtenemos que el percentil de diseño es de 87.50.

Una vez obtenido el percentil de diseño se procedió a seguir los siguientes pasos con el fin de calcular el CBR de diseño:

- Ordenar los valores de CBR al 95% obtenidos de menor a mayor.
- Para cada valor numérico diferente de CBR, comenzando desde el menor, se calcula el número y el porcentaje de valores de CBR que son mayores o iguales que él.
- Se dibujan los resultados en un gráfico CBR vs % de valores mayores o iguales y se unen con una curva.
- Dentro de la misma grafica ubicamos el valor del percentil de diseño sobre el eje de las ordenadas, luego se traza una línea horizontal de tal manera que intercepte la gráfica y como último paso a partir de la intersección generada se proyectó una línea vertical que intercepta el eje de las abscisas generando así el valor mínimo de CBR de diseño permisible para el tramo en estudio.

**Tabla N° 43: Resumen de datos para cálculo de CBR de diseño**

Desplante	Localización de Muestreo		Identificación de Muestras		Clasificación	C.B.R.
	Estación	Banda	Sondeo	Muestra	AASHTO M 145	95.00
			No.	No.		(%)
0.00-0.17	0+000	Izquierda	C1	M1	A-2-6 (1)	25
0.17-1.50	0+000	Izquierda	C1	M2	A-2-6 (0)	23
0.00-0.80	0+250	Izquierda	C2	M1	A-2-6 (0)	18
0.80-1.50	0+250	Izquierda	C2	M2	A-6 (0)	7
0.00-1.50	0+500	Izquierda	C3	M1	A-7-5 (33)	0
0.00-1.50	0+750	Izquierda	C4	M1	A-4 (4)	15
0.00-0.44	1+000	Derecha	C5	M1	A-6 (8)	7
0.44-1.20	1+000	Derecha	C5	M2	A-4 (1)	18
1.20-1.50	1+000	Derecha	C5	M3	A-4 (2)	20
0.00-0.30	1+250	Derecha	C6	M1	A-2-4 (0)	47
0.30-1.50	1+250	Derecha	C6	M2	A-2-4 (0)	38
0.00-1.50	1+500	Derecha	C7	M1	A-2-4 (0)	33
0.00-0.30	2+000	Derecha	C8	M1	A-4 (0)	15
0.30-1.50	2+000	Derecha	C8	M2	A-2-4 (0)	38

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

A partir del resumen de datos se procedió a seguir al pie de la letra los pasos mencionados con anterioridad formulando así la siguiente tabla.

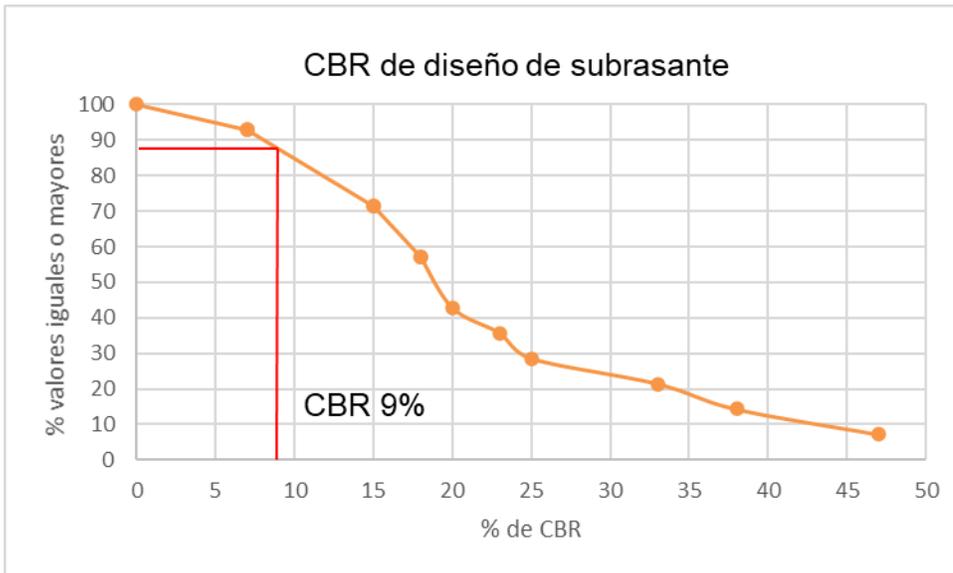
**Tabla N° 44: Valores de CBR para el diseño de sub- rasante**

Clasificación AASHTO	CBR 95%	Frecuencia	Cantidad de valores iguales o mayores	%Cantidad de valores iguales o mayores
A-7-5 (33)	0	1	14	100.00
A-6 (0)	7	1	13	92.86
A-6 (8)	7	1	13	92.86
A-4 (0)	15	1	10	71.43
A-4 (4)	15	1	10	71.43
A-2-6 (0)	18	1	8	57.14
A-4 (1)	18	1	8	57.14
A-4 (2)	20	1	6	42.86
A-2-6 (0)	23	1	5	35.71
A-2-6 (1)	25	1	4	28.57
A-2-4 (0)	33	1	3	21.43
A-2-4 (0)	38	2	2	14.29
A-2-4 (0)	47	1	1	7.14

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

Una vez obtenidos los datos se procedió a realizar la gráfica utilizando en el eje de las ordenadas los él %cantidad de valores iguales o mayores y en el eje de las abscisas el %de CBR de cada muestra en ambos sentidos de manera ascendente. Ver figura N°7, pag.51.

**Figura N°7: CBR de diseño de sub-rasante**



**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

A través de la gráfica anterior se obtuvo que el CBR Mínimo requerido del 9% para la conformación de la capa sub rasante.

### 3.3.4. Banco de materiales

- **Recolección de muestras**

El banco de materiales Cori se encuentra ubicado en la comunidad barrio 29 de mayo, a 13 km del centro del municipio de Rivas. La visita al banco de material se efectuó el día 28 de enero del año 2023.

Previo a la extracción de las muestras, se realizó una inspección en la cual se observó que el banco poseía múltiples cortes, en el cual era visible el tipo de material, el que era formado por fracciones de rocas de diferentes diámetros y material gravo-arenoso con contenido de finos como material ligante. Su color era marrón claro y su estructura es granular gruesa.

En esta visita se extrajeron un total de cuatro tipos de material distinto, la extracción de estas muestras se realizó de manera manual a una profundidad de entre 0.60m y 0.80m de profundidad.

Una vez terminada la visita de campo se consideró que el volumen del banco es lo suficientemente explotable y alcanzable, esto solo se consideró de acuerdo a lo que se apreció visiblemente

**Tabla N° 45: Resumen de recolección de muestras banco de materiales**

Desplante	Localización de Muestreo		Identificación de Muestras	
	Estación	Banda	Sondeo	Muestra
			No.	No.
0.00-0.80	-	-	B1	M1
0.00-0.80	-	-	B1	M2
0.00-0.80	-	-	B1	M3
0.00-0.80	-	-	B1	M4

*Fuente: Elaborado por sustentantes.*

- **Ensayes de laboratorios**

Estos ensayes se elaboraron en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en el cual se solicitó previamente el permiso correspondiente.

Se procedió a elaborar con orden cronológico los distintos tipos de ensayes obteniendo como resultante suelos compuestos por gravas y arenas arcillosas A-2-6 y A-2-4. A continuación, resumen de datos obtenidos:

**Tabla N° 46: Resultado de ensayos sondeos Banco de materiales Cori**

Desplante	Localización de Muestreo		Identificación de Muestras		Granulometría (% que pasa)												Ensayo AASHTO T 90			Clasificación	Ensayo AASHTO T 193		
	Estación	Banda	Sondeo	Muestra	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	Límites de Atterberg				AASHTO M 145	C.B.R.	
			No.	No.	75	63	50	37,5	25	19	12,5	9,5	4,75	2,0	0,425	0,075	L.L	L.P	I.P	90,00		95,00	100,00
0.00-0.80	-	-	B1	M1	90	90	79	75	67	61	54	50	42	35	25	19	34	22	12	A-2-6 (0)	33,33	35,00	36,24
0.00-0.80	-	-	B1	M2	100	100	87	68	63	60	55	52	44	34	20	13	31	20	11	A-2-6 (0)	25,00	26,67	38,22
0.00-0.80	-	-	B1	M3	100	100	100	93	86	79	71	65	56	46	32	22	32	20	12	A-2-6 (0)	17,91	39,67	51,82
0.00-0.80	-	-	B1	M2	100	100	100	97	83	79	71	67	57	48	36	29	29	21	8	A-2-4 (0)	15,33	17,00	20,98

**Fuente:** Elaborado por sustentantes

Mediante los requerimientos de cada capa podemos determinar si el material existente en el banco de materiales es útil en la conformación de la estructura de pavimento.

**Tabla N° 47: Comparación de resultados y requerimientos en capa Base.**

Especificación NIC 2019		Resultados				
Propiedades	Valores permisibles	M1	M2	M3	M4	Valoración
Limite Liquido	25% máx.	34.00	31.00	32.00	29.00	No cumple
Limite Plástico	6% máx.	22.00	20.00	20.00	21.00	No cumple
CBR	80% min.	35.00	26,67	39,67	17.00	No cumple

*Fuente: Elaborado por sustentantes.*

**Tabla N° 48: Comparación de resultados y requerimientos en capa Sub-Base.**

Especificación NIC 2019		Resultados				
Propiedades	Valores permisibles	M1	M2	M3	M4	Valoración
Limite Liquido	25% máx.	34.00	31.00	32.00	29.00	No cumple
Limite Plástico	6% máx.	22.00	20.00	20.00	21.00	No cumple
CBR	40% min.	35.00	26,67	39,67	17.00	No cumple

*Fuente: Elaborado por sustentantes.*

**Tabla N° 49: Comparación de resultados y requerimientos en capa Sub-rasante.**

Especificación NIC 2019		Resultados				
Propiedades	Valores permisibles	M1	M2	M3	M4	Valoración
Limite Liquido	30% máx.	34.00	31.00	32.00	29.00	No cumple
Limite Plástico	30% máx.	22.00	20.00	20.00	21.00	Cumple
CBR	8% min.	35.00	26,67	39,67	17.00	Cumple
% Malla No.200	30% máx.	19.00	13.00	22.00	29.00	Cumple

*Fuente: Elaborado por sustentantes.*

### **3.4. Conformación de capas de pavimento.**

A partir de los resultados obtenidos de los diferentes ensayos del material extraído en los sondeos de línea y el banco de materiales podemos determinar el uso óptimo de los distintos tipos de estratos, con el fin de conformar las distintas capas de la estructura de pavimento. A continuación, propuesta de uso de material por capa.

Subrasante: A partir del cálculo de CBR de diseño determinamos que el valor mínimo que requiere esta capa es de un CBR de 9%, se observó que los resultados de los ensayos de las muestras obtenidas en los sondeos de línea proporcionan un suelo que en su mayoría cumple con los requerimientos para conformar esta capa, según lo que establece la norma NIC 2019, tomo II, sección 1003, no obstante también se propone reemplazar el estrato que no cumple con los requerimientos haciendo uso del estrado denominado como muestra (M-3) encontrado en el banco de materiales Cori.

Sub-base: La capacidad de carga CBR requerida es del 40% mínimo, por lo cual se propone el uso del material de los bancos "Cori", este material compactado al 95% el banco posee un CBR de 39.67%.

Base: La capacidad de carga CBR requerida es del 80% mínimo, por lo cual se propone el uso del material de los bancos "Cori" para la conformación de esta capa, este material en estado natural posee un CBR de 39.67% (inferior al mínimo), motivo por el cual se propone ser mejorado por medio de cemento, de forma que el material posea una resistencia a la compresión de 21 kg/cm<sup>2</sup> después de 7 días de curado y 7 días de saturado en el sitio, conforme a lo que establece la norma NIC 2019, tomo II, sección 1003.

**CAPÍTULO IV:**  
**ESTUDIO TOPOGRÁFICO**

#### **4.1. Introducción**

“La Topografía es una ciencia que estudia, diseña, representa, mide y ejecuta una parte limitada de la superficie terrestre, sin tener en cuenta la curvatura de la tierra, hasta que el punto de error de esfericidad puede ser insignificante, y considerando los perímetros, dimensiones, geografía, ubicación y posición (orientación) de los objetos de interés que se encuentran dentro de esta porción”. Coelho Júnior et al. (2020)

El estudio topográfico tiene el objetivo de determinar la posición relativa (coordenadas norte, este y elevación) del tramo de carretera Rivas-La Chocolata-San Juan del Sur para la futura definición del Alineamiento Horizontal o “Eje Central de carretera” que tendrá como función definir los tramos que corresponderán a tangentes (rectas), o curvas (radio de curvas) de los 2.0 km de carretera propuesta. A su vez, se definirá el Alineamiento Vertical de esta o “Rasante” para establecer los radios de visibilidad de curvas verticales sean estas: Pendientes o Rampas.

El tramo en estudio cuenta con una longitud de 2 km dicho levantamiento fue realizado en 3 días, obteniendo los puntos necesarios para conocer con exactitud el tipo de terreno que se encuentra en dicha área.

Se aplicó el método de perfil longitudinal y secciones transversales a cada 20m. Este estudio topográfico se realizó con estación total modelo SOKKIA IM-105, precisión de 5 segundos, primas, bastones, GPS Garmin, 2 radios de comunicación.

#### **4.2. Actividades de campo realizadas**

- Como primer paso seleccionamos un punto y plantamos el trípode, nivelamos y orientamos hacia el norte magnético la estación total con ayuda de una brújula para definir el azimut en cero. La primera estación se realizó al inicio del tramo (estación 0+000).

- Una vez plantado y nivelado el equipo, Se definió el primer punto como BM-1, con ayuda de un GPS se determinaron las coordenadas del punto estacionado y se digitaron en la estación total.
- Como tercer paso se creó un trabajo y se asigna un nombre para el proyecto dentro del equipo el cual quedará registrando digitalmente
- posteriormente se realizó el levantamiento tomando en cuenta las distintas características físicas del tramo como lo son la línea central de camino, borde de camino existente, las aceras de la casa, postes de tendido eléctrico, cunetas, de la misma manera se realizó este procedimiento en todo el tramo hasta lograr los 2 KM la cual es la distancia a trabajar.
- Durante el levantamiento se definieron 9 BM auxiliares desde la estación 0+000 hasta la estación 2+000.

Respecto a los resultados obtenidos en levantamiento se obtuvieron un total de 513 puntos (ver anexo tabla 75. pág. XXII-XXXVIII).

#### **4.3. Actividades de gabinete**

Los datos del levantamiento topográfico se presentarán a partir de tablas, en base a un arreglo de datos del tipo SDR: Punto, Este, Norte, Elevación (Z), Descripción. Los puntos levantados corresponden a los límites permitidos por el camino existente desde un extremo de cerco (mano derecha) hasta el otro extremo (mano izquierda), dentro de este límite de área se encuentran situados los puntos centrales de la calzada y sus lados (derecha, izquierda).

A continuación, presentaremos la descripción empleada para la identificación de cada punto levantado

**Tabla N° 50: tabla de descripción de puntos**

<b>Descripción</b>	<b>Concepto</b>
CD	Cerco del lado derecho de la vía
1	Lado derecho de la vía
2	Terreno natural (TN)
E	Línea central de la vía
3	Terreno natural (TN)
4	lado izquierdo de la vía
CI	cerco del lado izquierdo de la vía
AR	Árbol
AD	Adoquinado
ESQ	Esquina
PL	Poste de Luz
PORTESC	Poste de Cable
VAD	Vado
TN	Terreno Natural

Fuente: Elaborado por sustentantes

La topografía del proyecto fue establecida por medio del software Autodesk Civil 3D 2021 y su procesamiento para la obtención fue a partir de los siguientes pasos:

- **Puntos:** Primero se importaron los datos de la estación total haciendo uso de una memoria USB, estos datos serán convertidos a formato tipo SDR a tipo CSV con características punto, este, norte y Z, esto a través del software SOKKIA LINK.
- **Insertar puntos:** El archivo de puntos formato CSV es cargado en el software Autodesk civil 3D 2021 mediante la herramienta de puntos, crear puntos, selección de formato de puntos y orden de los datos.
- **Superficie:** Una vez cargada la nube de puntos se procede a crear la superficie del proyecto haciendo uso de la herramienta superficie y la opción de crear superficie, generándose así las triangulaciones del terreno.
- **Modificación de la superficie:** En este paso se editan las líneas que conforman las triangulaciones generadas en los bordes de la carretera para

evitar que se generen formas no reales del camino, por medio de la opción editar superficie.

- **Generar curvas de nivel:** Modificado el terreno se procedió finalmente a la edición de las propiedades de la curva de nivel en donde se definió una equidistancia entre curvas primaras de 1.00m y de curvas secundaras a 0.50m.
- **Alineamiento Central:** Para la obtención del perfil longitudinal, se requiere primeramente establecer la línea central o eje de carretera sobre las curvas de nivel, esto se hace mediante la herramienta Alineamiento, y estableciendo su sentido de inicio a partir de la estación 0+000.
- **Creación de Perfil:** Por medio de la herramienta Perfil de Sección, se selecciona el alineamiento del eje principal y central de carretera y a su vez se selecciona la superficie de proyecto para que el alineamiento sea proyectado sobre la superficie y poder reflejar la topografía del terreno y su altimetría.

Al proyectar sobre un plano vertical las distintas elevaciones del eje de la carretera, se obtiene el perfil del eje de la carretera.

**Tabla N° 51: Coordenadas de BM.**

BM	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)
1	1.262.497.886	626.754.557	96.112
2	1.262.948.204	6.26.780.615	95.701
3	1.262.499.688	626.740.625	95.971
4	1.262.500.701	626.737.599	97.608
5	1.262.902.070	626.767.010	95.363
6	1.262.968.786	626.778.707	96.223
7	1.262.413.834	626.726.610	94.750
8	1.261.754.555	626.557.643	100.250
9	1.261.265.051	626.382.157	104.500

*Fuente: Elaborado por sustentantes.*

#### **4.4. Clasificación de terreno**

Las clasificaciones del terreno pertenecen al carácter general de un corredor específico, debido a lo cual, las rutas en valles o zonas montañosas que tienen todas las características de las calles o carreteras que atraviesan un terreno

plano u ondulado, deben clasificarse como planas u ondulado. En general, los terrenos ondulados generan pendientes más fuertes causando la reducción de las velocidades de los camiones debajo de las de vehículos de pasajeros; en el terreno montañoso la situación es más grave, resultando en algunos camiones con velocidades muy bajas. (SIECA, 2011).

El manual SIECA establece las clasificaciones para el tipo de terreno (ver tabla N° 52) en función de las pendientes naturales donde será emplazado nuestro proyecto, cuyos valores se obtienen de las pendientes dentro del eje central de la carretera valores que podemos observar en la tabla N°53.

**Tabla N° 52: Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales.**

<b>Tipo de terreno</b>	<b>Rango de pendientes P (%)</b>
Llano o Plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 > P \leq 15$
Montañoso	$15 > P \geq 30$

*Fuente:* SIECA, cap. 3, 2011, pág. 116.

A partir de la ecuación N°9 calculamos las distintas pendientes que presenta el eje central de tramo a una distancia de 50 cm entre cada punto, resultados que se muestrean en la tabla N°53.

$$PENDIENTE = \frac{\Delta H}{DH} * 100$$

**Ecuación N° 9**

Donde:

$\Delta H$ = Diferencia de altura.

DH= Distancia horizontal.

$$PENDIENTE = \frac{(99.72 - 94.54)}{367.00} * 100 = 1.41\%$$

**Tabla N° 53: Porcentaje de pendientes del tramo en estudio**

EST A	EST B	ELEV A	ELEV B	DH	PEND (%)
0+000,00	0+367,00	99,72	94,54	367,00	1,41%
0+367,00	0+617,00	94,54	93,75	250,00	0,32%
0+617,00	0+741,00	93,75	94,09	124,00	0,27%
0+741,00	1+544,00	94,09	100,80	803,00	0,84%
1+544,00	2+007,000	100,80	104,06	463,00	0,70%

**Fuente:** Elaborado por sustentantes

La clasificación de tipo de terreno, se establecerá a partir del pendiente promedio de la sumatoria de las pendientes entre las estaciones 0+000 hasta la estación 2+000.

$$Pendiente\ promedio = \frac{\sum Pendientes}{Numero\ de\ penndientes} \quad \text{Ecuación N° 10}$$

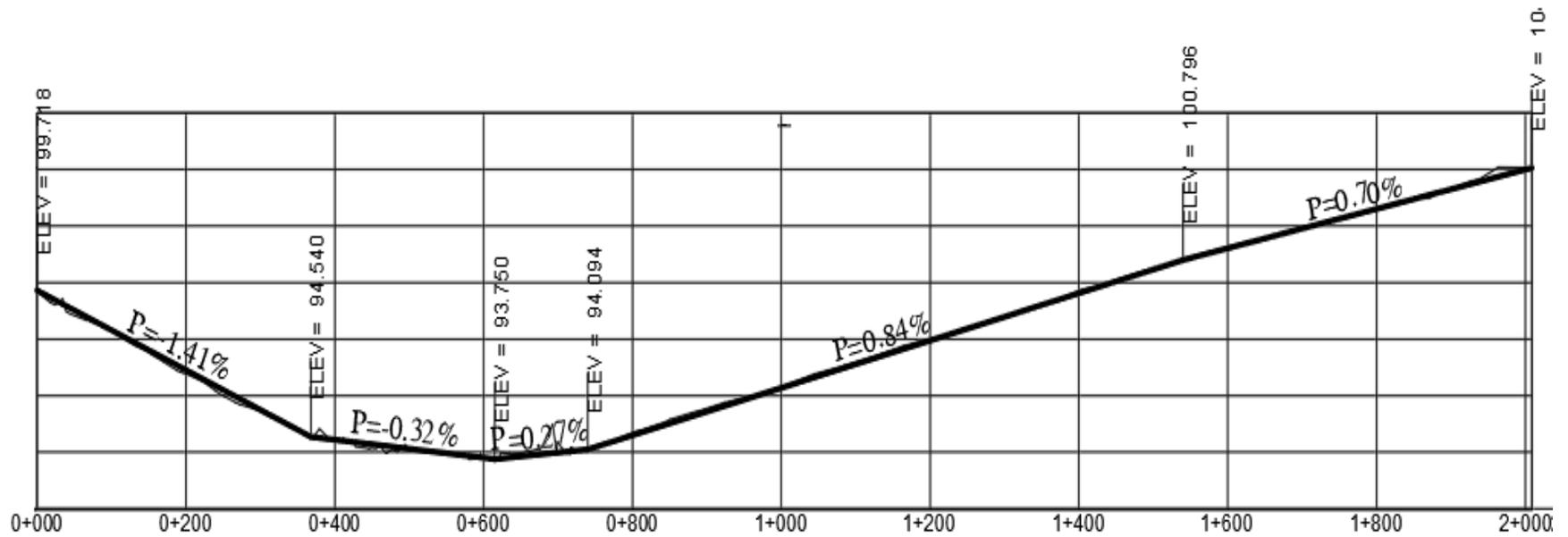
$$\sum Pendientes = 1.41 + 0.32 + 0.27 + 0.84 + 0.70$$

$$\sum Pendientes = 3.54\%$$

$$Pendiente\ promedio = \frac{3.54\%}{5} = 0.71\%$$

La pendiente promedio es 0.71%, por lo cual, el terreno se considera tipo Llano o plano.

Figura N° 8: Perfil longitudinal estación 0+000 – 2+000



Fuente: Elaborado por sustentantes.

**CAPITULO V:  
DISEÑO DE PAVIMENTO  
ARTICULADO**

## **5.1. Introducción**

El diseño estructural de un pavimento comienza con la previsión de los tipos y volúmenes de vehículos que pasarán sobre éste durante su vida útil. Se eligen los materiales que formarán el pavimento y finalmente se determinan los espesores de cada una de las capas que forman el paquete estructural que soportará las cargas previstas sin que se produzcan fallas. Se puede definir la capacidad estructural como la capacidad del pavimento para soportar las cargas de tránsito durante el período de vida útil. (Libro de diseño de pavimento AASHTO 93 tercera edición, 2002).

El cálculo de espesores del pavimento articulado se realiza de acuerdo con el método desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Officials correspondiente a la versión de 1993 (AASHTO, 1993), mediante el programa computarizado: WinPAS (Pavement Analysis Software)

## **5.2. Método para el diseño de pavimento articulado (AASHTO-93).**

El método requiere información basada en las características y propiedades de los materiales que conforman los suelos de cada capa de la estructura, así como la composición vehicular que someterá la estructura de pavimento a las cargas variables de tránsito.

Los criterios que considera el método para el cálculo de espesores de capa son:

1. Determinar el número de ejes equivalentes (ESAL'S)
2. Obtener las variables de diseño:
  - Factores equivalentes de carga
  - Peso por ejes
  - Confiabilidad deseada
  - Desviación estándar
  - Serviciabilidad
  - Módulo de Resiliencia
3. Establecer las propiedades de los materiales de cada capa, representada por los coeficientes estructurales ( $a_i$ )

4. Calcular los espesores de pavimento considerando el esfuerzo a la compresión de cada capa.

### 5.3 Variables a considerar, método AASHTO-93

Para el diseño de la estructura de pavimento articulado se deben de tomar en cuenta los siguientes parámetros:

#### 5.3.1. Confiabilidad

Este valor se refiere al grado de seguridad o veracidad de que el diseño de la estructura de un pavimento, puede llegar al fin de su período de diseño en buenas condiciones. (SIECA, 2002, Cap.7, P.3). Para nuestro tramo y dada la ubicación en que se encuentra la vía, y el tránsito que utilizara esta es liviana, se asume un valor de confiabilidad ( $R = 80\%$ ), que corresponde a un valor recomendado, para una clasificación como una zona rural y para tipo de caminos colectores.

**Tabla N° 54: Coeficiente de confiabilidad en función del tipo de camino de proyecto**

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 99
<b>Colectoras</b>	80 - 95	<b>75 - 95</b>
Locales	50 - 80	50 - 80

*Fuente:* Libro de diseño de pavimento AASHTO 93 tercera edición.

#### 5.3.2. Desviación estándar

La desviación estándar considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño, como la predicción del tránsito y el comportamiento del pavimento. (SIECA, 2002, Cap.7, P.5) recomienda adoptar valores de  $S_o$  comprendidos dentro de los siguientes intervalos:

**Tabla N° 55: Factores de desviación estándar combinado**

Condición	Pavimento rígido	Pavimento Articulado
En construcción nueva	0.35	0.45
En sobre capas	0.39	0.49

*Fuente:* Manual Centroamericano para diseño de pavimentos SIECA 2002, Cap.7, P.5

Se utilizará un valor de desviación estándar de  $S_o = 0.45$  para este diseño.

### 5.3.3. Serviciabilidad

Los valores previamente escogidos en el capítulo II según el manual centroamericano para el diseño de pavimento (2002). Los valores recomendados son  $P_o = 4.2$  para pavimento articulado y  $P_t = 2.0$  para carreteras cuya clasificación es colectoras menores rural. Por lo tanto, el valor de la pérdida de la Serviciabilidad calculado anteriormente fue de:

$$\Delta PSI = 2.20$$

### 5.3.4. Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr)

Es la propiedad utilizada para caracterizar el suelo de la fundación del camino y otras capas, está en función de la subrasante para cuantificar la capacidad de soporte del pavimento, en este caso articulado. La guía de diseño AASHTO establece la correlación para determinar el MR usando el CBR de diseño de la subrasante definida en el capítulo III (del 9% de CBR) con la siguiente ecuación:

$$MR = 1500 * CBR$$

**Ecuación N° 11**

$$MR = 1500 * 9\% = 13500 \text{ Psi}$$

**Tabla N° 56: Ecuación de correlación para módulo de resiliencia de la subrasante (MR)**

Valores de CBR	Ecuación de Correlación
CBR <10%	$Mr = 1500 \times CBR$
CBR >10%	$Mr = 4326 \times \ln(CBR) + 241$

**Fuente:** Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93 tercera edición.

### 5.3.5. Coeficiente de drenaje

El drenaje a pesar de ser un factor importante a considerar en el diseño de carreteras, la AASHTO no define un diseño de drenaje en específico, pero indica que el diseñador debe determinar las condiciones de drenaje a alcanzar bajo varios criterios.

Debido a que los ensayos de laboratorios se realizaron con el CBR en condiciones de saturación con el propósito de alcanzar las condiciones más críticas en las que el suelo puede llegar a encontrar, y tomando en cuenta que las bases estabilizadas por sus características físico-mecánicas no son afectadas por la influencia del agua, se decidió tomar el valor del coeficiente de drenaje  $m=1.00$ , valor tomando en la tabla calidad de drenaje brindada por la AASHTO-93.

**Tabla N° 57: calidad de drenaje en función al porcentaje del tiempo de exposición de humedad**

Calidad de drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
<b>Bueno</b>	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	<b>1.00</b>
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60

Calidad de drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.70	0.40

*Fuente:* Guía para el diseño de pavimento AASHTO 1,993.

### 5.3.6. Coeficientes de las capas estructurales

Además del coeficiente de drenaje, existen otros factores estructurales que involucran las características y propiedades de los diferentes materiales que formaran parte del paquete estructural. El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente ( $a_i$ ), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal del pavimento flexible. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a número estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento. Se representan de la siguiente manera:

- $a_1$ : para la carpeta de rodamiento (Adoquín)
- $a_2$ : para la base (Banco Cori)
- $a_3$ : para la sub-base (Banco Cori)

#### 5.3.6.1. Coeficiente estructural de la capa de rodamiento (Adoquín de concreto) $a_1$

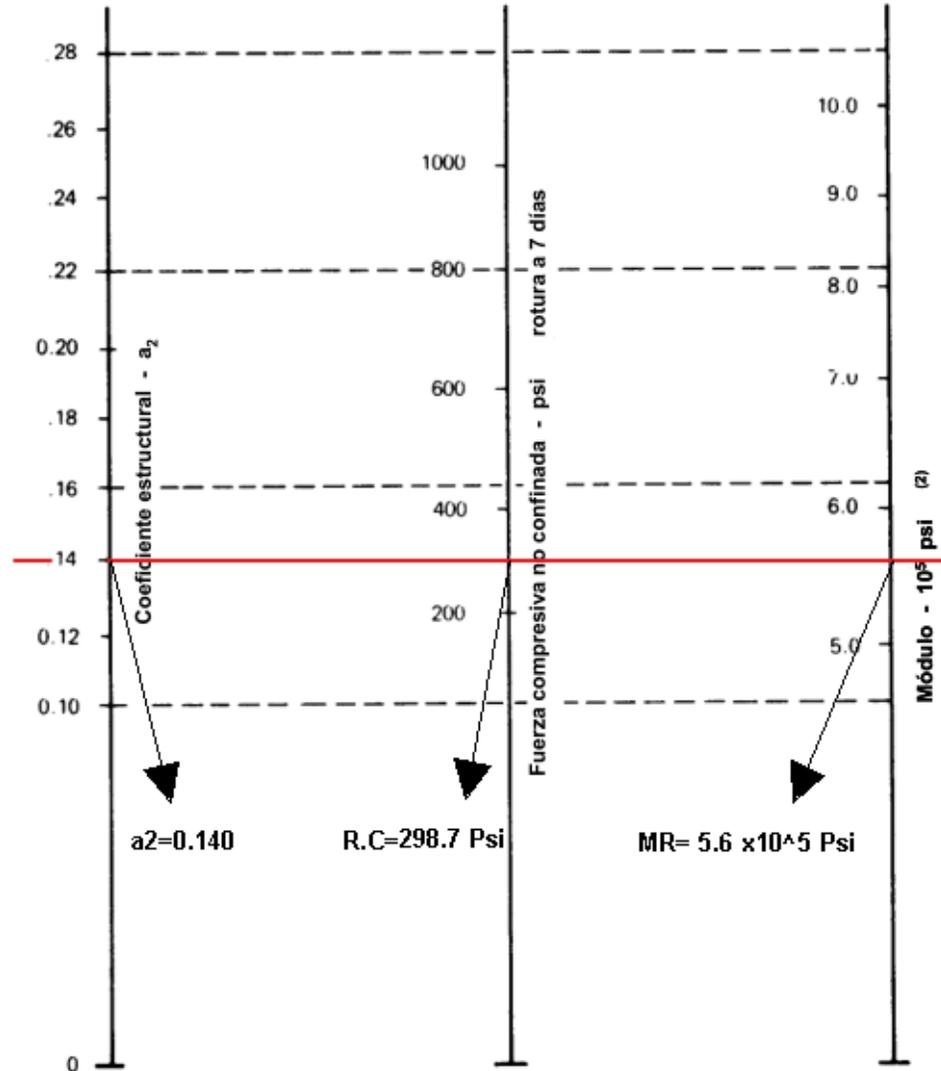
El coeficiente estructural para el diseño de espesores con adoquín ya está definido en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, en el capítulo 7, página 107, cuyo valor es de  $a_1 = 0.45$ .

#### 5.3.6.2. Coeficientes estructurales para base estabilizada con cemento ( $a_2$ )

El valor del coeficiente estructural de capa de base tratada con cemento ( $a_2$ ) se determina con el uso del nomograma de la guía, tomando como parámetro de entrada el valor de la resistencia a la compresión de 21 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a

298.7 lb/pulg<sup>2</sup> se traza una línea horizontal hasta encontrar nuestro modulo resiliente de MR= 560,000 PSI y un coeficiente estructura de a<sub>2</sub>= 0.140.

**Figura N°9: Nomograma para la determinación del coeficiente estructural a<sub>2</sub>**



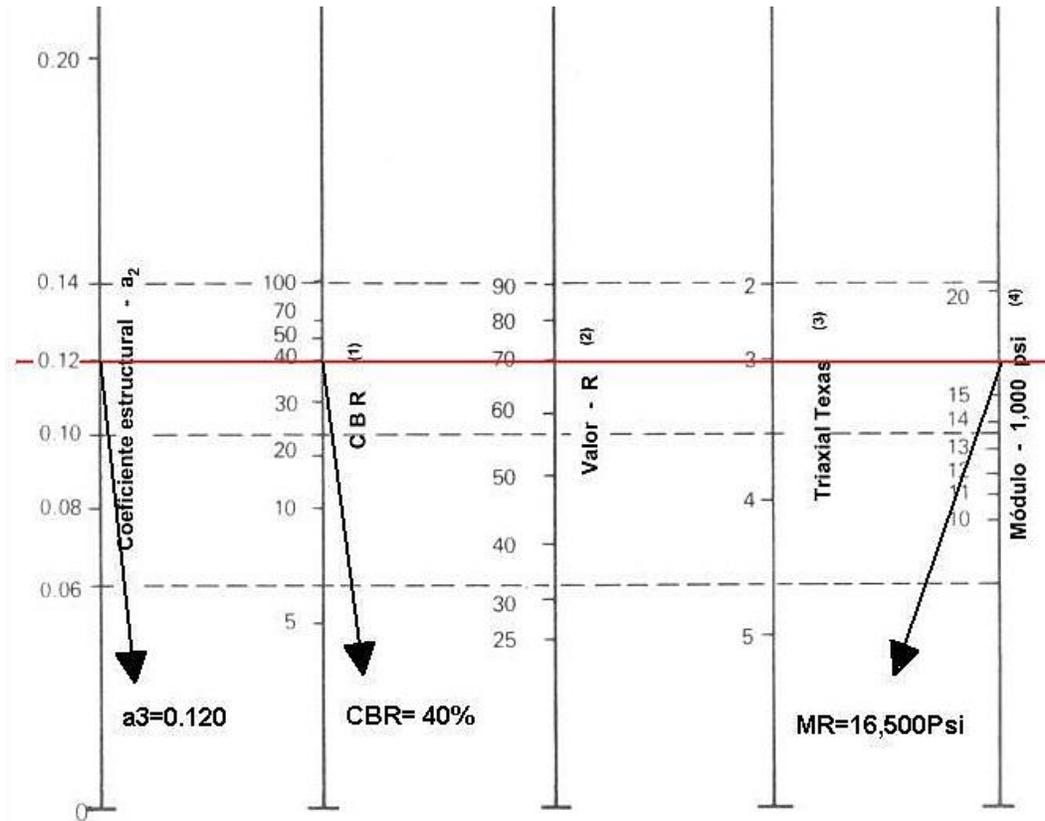
**Fuente:** Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93

### 5.3.6.3. Coeficiente estructural para sub-base (a<sub>3</sub>)

Para trabajar el material de la sub-base es necesario tomar un CBR de acuerdo con las especificaciones de la Nic-2019 el cual establece, un mínimo de 40%, se utilizó el CBR del Banco de Préstamo Cori que es de 40% de acuerdo con la figura N°10, pág. 69, en la línea trazada del nomograma se obtuvo en la

escala izquierda un coeficiente estructural de  $a_3 = 0.120$  y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de  $MR = 16,500$  PSI.

**Figura N°10: Nomograma para la determinación del coeficiente estructural  $a_3$**



**Fuente:** Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93

### 5.3.7. Números estructurales

También conocido como valor de soporte de suelo, es un número asignado para poder representar la Números Estructurales capacidad de soporte de un pavimento. Este número indica la cantidad de espesores o capas que requiere un pavimento para soportar las cargas a las que será sometido durante su vida útil.

El número estructural (SN) se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

**Ecuación N° 12**

Donde:

- $D_1$  = espesores del Adoquín (pulgadas).
- $D_2$  = espesores de la capa base en (pulgadas).
- $D_3$  = espesores de la capa sub- base (pulgadas).
- $a_1$ = coeficiente estructural de capa Adoquín, dependiente de su módulo
- $a_2$ = coeficiente estructural de capa Base, dependiente de su módulo
- $a_3$ = coeficiente estructural de capa Sub-base, dependiente de su módulo
- $m_1, m_2, m_3$  = coeficientes de drenaje para capas no estabilizadas, dependiente del tiempo requerido para drenar y del tiempo en que la humedad se encuentre en niveles cercanos a la saturación.

#### **5.3.7.1. Numero estructural (SN<sub>1</sub>)**

El número estructural (SN<sub>1</sub>) para la carpeta de rodamiento, debido que utilizará adoquín el espesor será de  $D_1 = 4$  pulgadas y coeficiente de capa ( $a_1$ ) para adoquín ya está dado, es de 0.45.

Para el cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

**Ecuación N° 13**

$$SN_1 = (0.45) * (4 \text{ in})$$

$$SN_1 = 1.8$$

### 5.3.7.2. Números estructurales (SN<sub>2</sub>) Y (SN<sub>3</sub>)

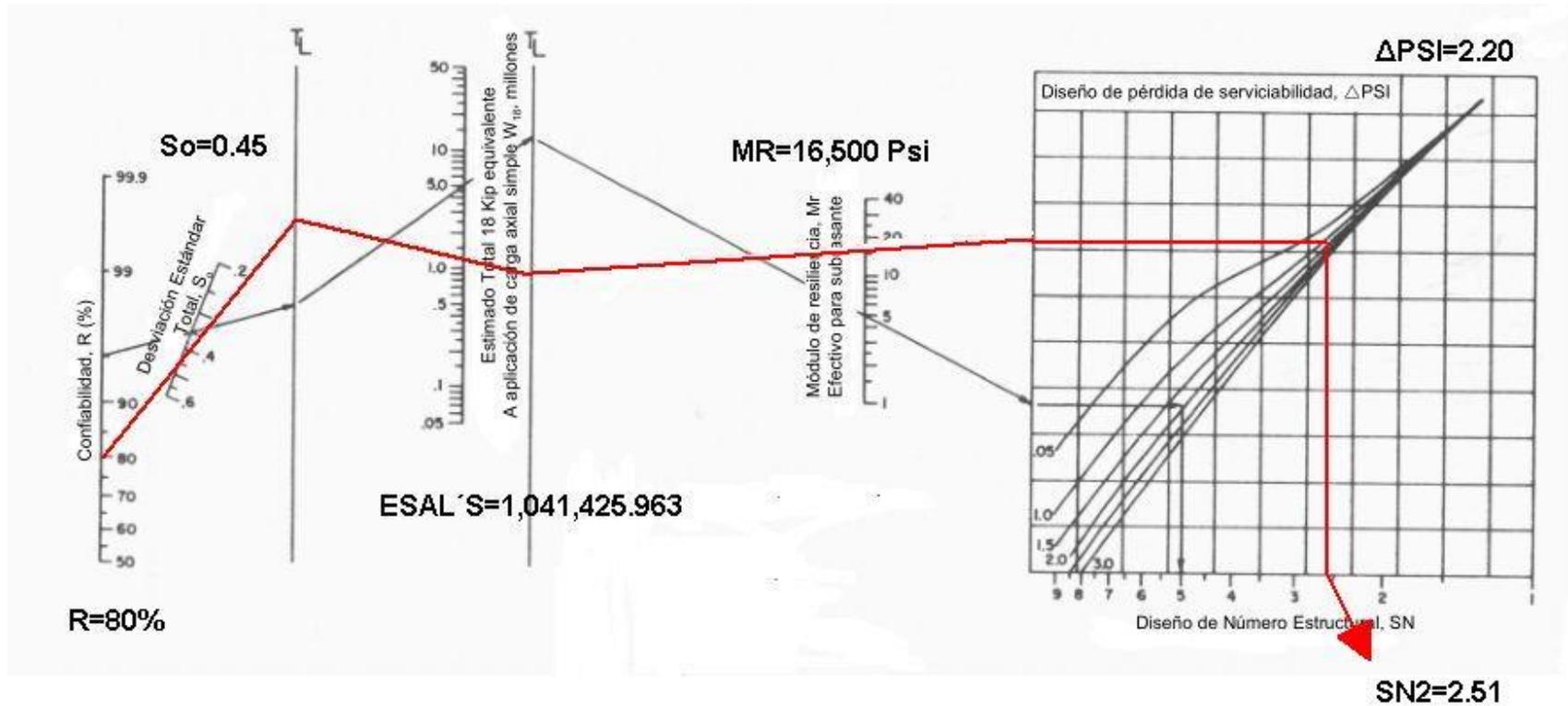
Para el cálculo del número Estructural (SN<sub>2</sub>), eso se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993), obteniendo un SN<sub>2</sub> =2.51. El resultado se muestra en la (Figura N° 11, Pág. 72.)

Para el cálculo del número Estructural (SN<sub>3</sub>) es necesario, para eso se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993), obteniendo un SN<sub>3</sub> =2.53. El resultado se muestra en la (Figura N° 12, Pág. 73.)

En el Ábaco de Diseño los factores de diseño que participan (variables independientes) son los siguientes:

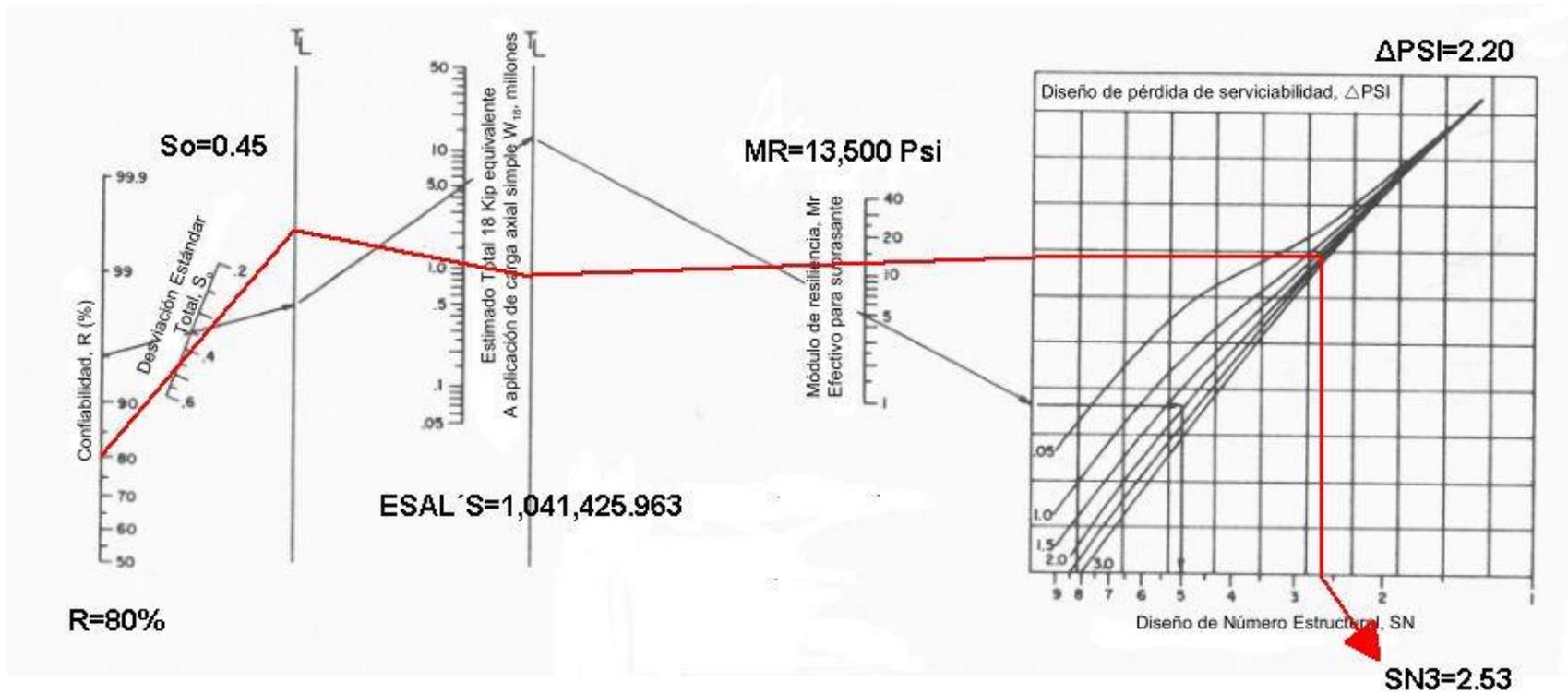
- La confiabilidad en el diseño (R= 80%).
- La desviación estándar del sistema (So=0.45).
- Cargas equivalentes en el período de diseño (Wt18= 1,041,425.963).
- El valor del Módulo Resiliente del material de Subrasante (MR=13,500 Psi).
- El valor del Módulo Resiliente del material de Sub-base (MR=16,500 Psi).
- La pérdida de serviciabilidad en el período de diseño ( $\Delta$ PSI=2.20).

Figura N°11: Abaco de Diseño AASHTO, para el cálculo de SN<sub>2</sub>



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93

Figura N°12: Abaco de Diseño AASHTO, para el cálculo de SN<sub>3</sub>



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93

### 5.3.8. Cálculo de los espesores de la base (D<sub>2</sub>) y sub-base (D<sub>3</sub>)

Teniendo en cuenta que ya se conoce el valor de SN<sub>1</sub> y SN<sub>2</sub>, entonces el valor del espesor de la base se obtiene de la siguiente manera:

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2} \quad \text{Ecuación N° 14}$$

$$D_2 = \frac{(2.51 - 1.8)}{0.140 * 1}$$

$$D_2 = 5.07 \text{ in}$$

El espesor de base no cumple con el espesor mínimo recomendado por la guía de diseño de la AASHTO, por eso se utilizará un espesor mayor al mínimo para base granular: D<sub>2</sub>= 6 in (15cm).

**Tabla N° 58: Espesores mínimo y sugeridos por capa**

Numero de ESAL'S	Espesor mínimo (Pulgadas)	
	Pavimento	Base o Sub-base Granular
< 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 - 500,000	2.6	4
500,000 - 2,000,000	3	6
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
> 7,000,000	4	6

**Fuente:** Libro de diseño de pavimento AASHTO 93

Se corrige el número estructural  $SN_2$ :

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2$$

**Ecuación N° 15**

$$SN_2 = (0.140) * (6.00 \text{ in}) * (1.00)$$

$$SN_2 = 0.84$$

Teniendo en cuenta que el valor de  $SN_3$  resultante fue de 2.53, entonces el valor del espesor de la Sub-base se obtiene de la siguiente manera:

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_2 + SN_1)}{a_3 * m_3}$$

**Ecuación N° 16**

$$D_3 = \frac{2.53 - (0.84 + 1.80)}{0.120 * 1.00}$$

$$D_3 = -0.92$$

El valor obtenido para el espesor de la sub-base es de -0.92, por lo cual el pavimento articulado no requiere de esta capa de suelo para soportar las cargas equivalentes de ejes (ESAL'S).

Comprobación:

$$SN_1 + SN_2 \geq SN_{requerido}$$

**Ecuación N° 17**

$$a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 \geq 2.53$$

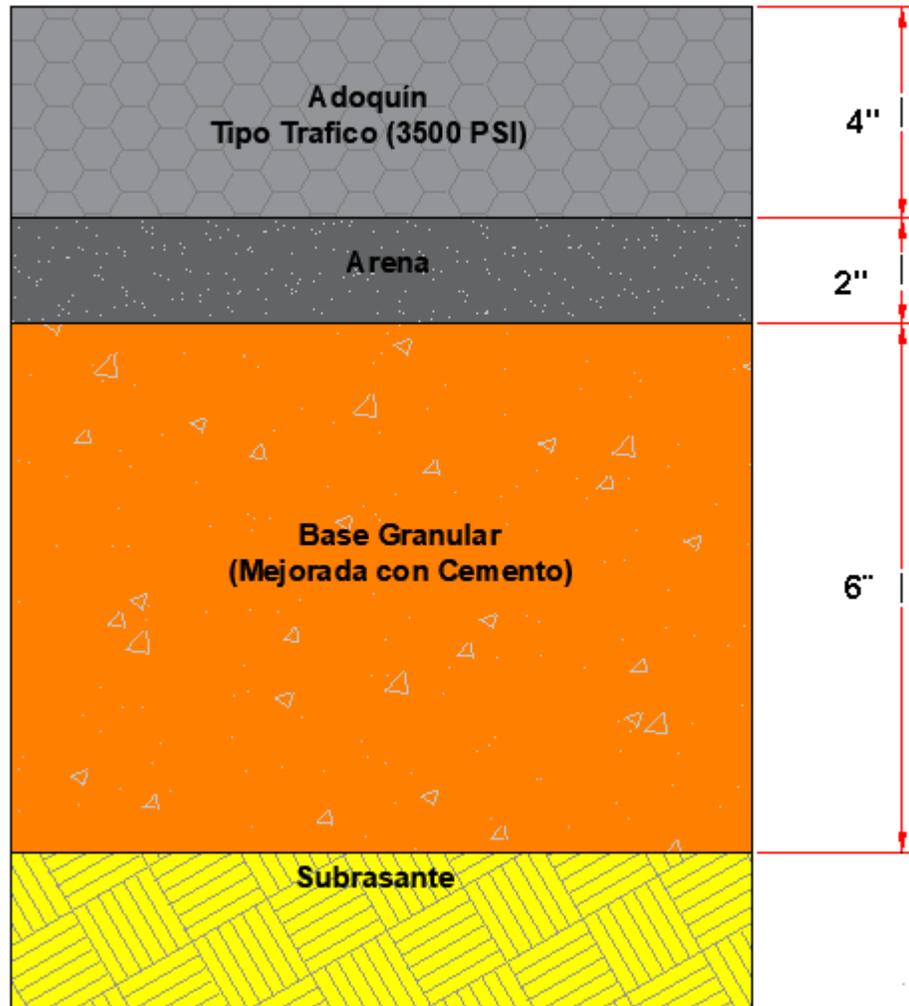
$$1.8 + 0.84 \geq 2.53$$

$$2.64 \geq 2.53$$

Los números estructurales de las capas del paquete estructural de pavimento del tramo Rivas-La Chocolate-San Juan del Sur, satisfacen la condición

establecida por la AASHTO, aseguran la protección de cada una de sus capas ante los esfuerzos ocasionados por el ESAL'S de diseño sobre la carretera.

**Figura N° 13: Diseño final de espesores**



*Fuente: Elaboración por sustentantes*

#### **5.4. Verificación de cálculos manuales con el software WinPas12**

Para comprobar si los resultados de los cálculos de los espesores del pavimento realizados de manera manual están correctamente y la determinación del número estructural SN requerido es el correcto, se utilizará el Software WinPAS 12 desarrollado por American Concrete Pavement Association (ACPA), diseñado para pavimentos rígidos y flexibles basados en la Guía AASHTO-93 para

diseño de estructuras de pavimento. A continuación, se muestran los parámetros de entrada para el programa WinPas12.

ESAL´S=1,041,425.963

Confiabilidad (R)= 80%

Desviación estándar (So)= 0.45

Módulo de Resiliencia=13,500 Psi

Índice de serviciabilidad inicial (Po)=4.20

Índice de serviciabilidad final (Pt)= 2.00

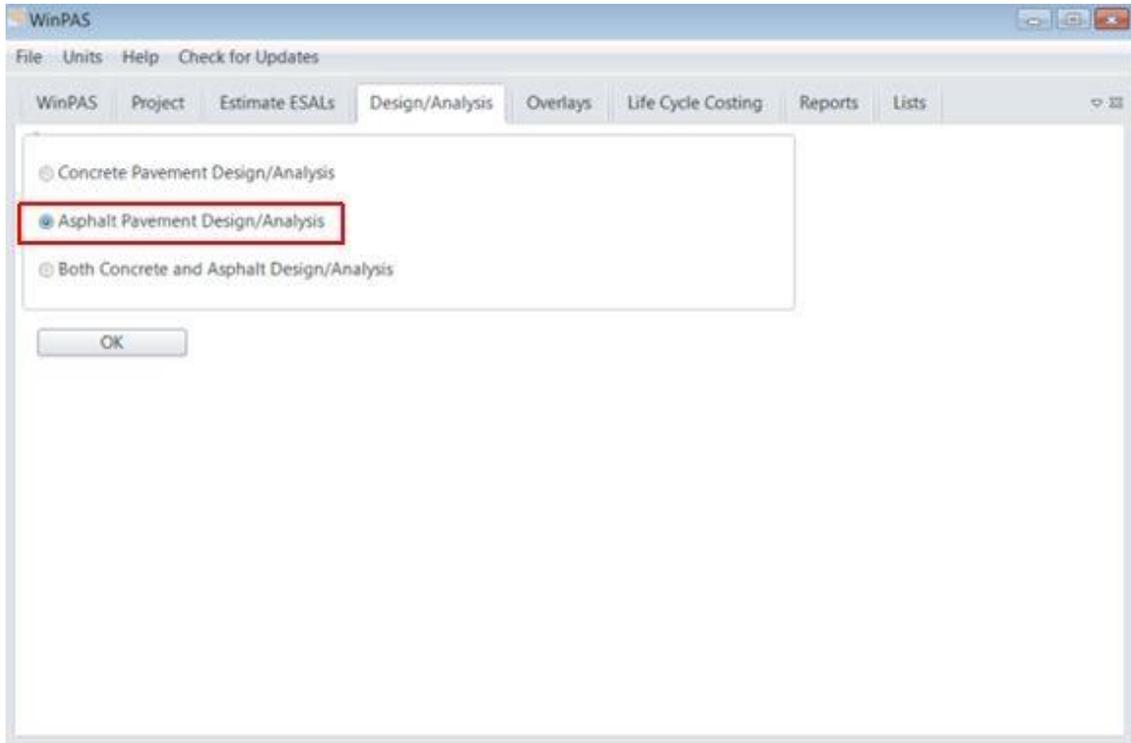
Coefficiente de drenaje ( $m_i$ )= 1.00

Coefficiente de capa  $a_1$ = 0.45

Coefficiente de capa  $a_2$ =0.140

- Paso 1: Se escoge el tipo de pavimento en este caso será la opción 2 que es para pavimento articulado a como se presenta en la siguiente figura:

**Figura N° 14: Elección de tipo de pavimento a diseñar**



**Fuente:** WinPAS (Pavement Analysis Software 12).

- Paso 2: Introducir los parámetros anteriormente mencionados en el software, se detalla en la figura N° 15.

**Figura N° 15: Introducción de datos**

The screenshot shows the 'Asphalt Design Inputs' window in WinPAS. The window title is 'Asphalt Design Inputs'. It contains two main sections: 'Asphalt Pavement Design/Analysis Inputs' and 'Asphalt Pavement Design/Analysis'. The first section has input fields for 'Asphalt Structural Number' (value: 0), 'Total Flexible ESALs' (value: 1,041,426), 'Reliability' (value: 80.00, unit: %), 'Overall Standard Deviation' (value: 0.45), 'Subgrade Resilient Modulus' (value: 13,500.0, unit: psi), 'Initial Serviceability' (value: 4.20), and 'Terminal Serviceability' (value: 2.00). A red box highlights the input fields for 'Total Flexible ESALs', 'Reliability', 'Overall Standard Deviation', 'Subgrade Resilient Modulus', 'Initial Serviceability', and 'Terminal Serviceability'. There is a 'Calculate Asphalt Structural Number' button below the 'Asphalt Structural Number' field. The second section has a 'Warning! Input Value Changed, Press Solve For to Recalculate' message and a 'Solve For' button. On the right side of the window, there are 'Save and Close' and 'Help' buttons.

Parameter	Value	Unit
Asphalt Structural Number	0	
Total Flexible ESALs	1,041,426	
Reliability	80.00	%
Overall Standard Deviation	0.45	
Subgrade Resilient Modulus	13,500.0	psi
Initial Serviceability	4.20	
Terminal Serviceability	2.00	

**Fuente:** WinPAS (Pavement Analysis Software 12).

- Paso 3: Introducir los datos y ejecutar el programa se obtiene un resultado de un numero estructural mínimo requerido de 2.52, a como se detalla en la figura N°16.

**Figura N° 16: Calculo del número estructural mínimo requerido**

The screenshot shows a software window titled "Asphalt Design Inputs". It contains two main sections for data entry:

- Asphalt Pavement Design/Analysis Inputs:** This section includes several input fields with their respective values:
  - Asphalt Structural Number: 2.53
  - Total Flexible ESALs: 1,041,426
  - Reliability: 80.00 %
  - Overall Standard Deviation: 0.45
  - Subgrade Resilient Modulus: 13,500.0 psi
  - Initial Serviceability: 4.20
  - Terminal Serviceability: 2.00A "Calculate Asphalt Structural Number" button is located below these fields.
- Asphalt Pavement Design/Analysis:** This section shows the result of the calculation: "Asphalt Structural Number: 2.53". A "Solve For" button is positioned next to this result, and the entire row is highlighted with a red border.

On the right side of the window, there are two buttons: "Save and Close" and "Help".

**Fuente:** WinPAS (Pavement Analysis Software 12).

- Paso 4: Proponer los espesores en el programa, podemos apreciar que en los resultados cumplen con los resultados obtenidos manualmente.

**Figura N° 17: Resultados de espesores requeridos para el diseño**

Layer Material	Layer Coefficient, a	Drainage Coefficient, m	Layer Thickness	Layer Struct No, SNI	Additional Thickness
Asphalt Cement Concrete	0.45	1	4	1.8	-0.24
Graded Stone Base	0.14	1	6	0.84	-0.79
	0	0	0	0	-0.79
	0	0	0	0	-0.79
	0	0	0	0	-0.79
	0	0	0	0	-0.79

Sum of SN: 2.64  
SN: 2.53

**Fuente:** WinPAS (Pavement Analysis Software 12).

**CAPÍTULO VI:  
CÁLCULO DE COSTOS  
DIRECTOS**

## **6.1. Introducción**

Los costos directos son los costos previstos en que se debe incurrir directamente para utilizar o adquirir e integrar los recursos necesarios, en la cantidad o en el tiempo que sean necesarios, para realizar una actividad de construcción, mantenimiento o reparación de un tramo o subtramo de carretera o camino de la red vial del país en un plazo establecido. (Manual para la revisión de costo y presupuesto, 2008.p.5).

El Costo Directo (CD) que se calcula para cada concepto de obra, se divide entre su respectiva cantidad de obra estimada (COE) con su unidad de medida para obtener el Costo Unitario Directo (CUD) para cada concepto. Los recursos o componentes de cada Costo Unitario Directo (CUD) pueden ser de cuatro tipos: Maquinaria o Equipos, Mano de Obra, Materiales y Herramientas. (Manual para la revisión de costo y presupuesto, 2008.p.6).

Como punto de partida designamos las actividades a ejecutar posteriormente se analizaron de manera individual con el fin de obtener su costo directo a través de los diferentes componentes que lo conforman.

Componente Materiales: A través de los planos constructivos se elaboró el take-off de materiales de los distintos sistemas constructivos adecuados para la edificación en estudio.

Componente Mano de obra: Este se estableció a partir de los tiempos de ejecución de obras y según las necesidades de cada sub etapa se designó la mano de obra calificada para la formulación de el costo de mano de obra se utilizó la tabla de salarios mínimos de Nicaragua (ver anexo, tabla N°76, pág. XXXIX)

Componente Transporte/equipos: primero se designó el tipo de quipo adecuado para elaborar la sub etapa correspondiente, luego se analizó el tiempo de renta de cada equipo según el volumen de obra y el rendimiento establecido en su ficha técnica proporcionada por el arrendador.

El transporte se definió a través de el volumen o peso a transportarse desde los distintos sitios de compra.

## 6.2. Consideraciones generales

- A partir de las condiciones altimétricas y planimétricas que presenta la vía, se presenta una propuesta de la carpeta de rodamiento, con el fin calcular la cantidad de materiales requerida para la edificación de esta obra.
- Se propone el uso de adoquín tipo tráfico de dimensiones 10x22x24 cm con una resistencia de 4000Psi.
- Elaboración manual de bordillo perimetral con acero de refuerzo #3 @ 15cm y uso de formaleta de playwood ¾" material que se utilizara 2 veces.
- Ancho de calle 6.00 mts.
- Cama de arena de 5cm.
- Para el caso en específico según el estudio de pavimento se implementará solamente la colocación de la base y la carpeta de rodamiento.
- Capa base y sub rasante será compactada al 95%.
- Por factores económicos se incluyen dos viajes para la motoniveladora y la compactadora uno para la conformación y compactación de la sub rasante y el otro para la base.
- El banco de materiales a utilizar será el banco de materiales Cori.
- El botadero a utilizar será el botadero municipal de Rivas.
- El catálogo de etapas y etapas a utilizarse será el que proporciona la NIC 2000.
- La pintura a aplicarse se será de la marca MODELO tipo tráfico tanto para el eje central como para los bordillos, se aplicará de manera manual a dos capas.
- El rendimiento de los quipos estará dado por los tiempos de ciclos y tiempos hidráulicos estipulados en la ficha técnica de cada equipo.
- Los rendimientos de los quipos son extraídos directamente de la ficha técnica proporcionada por el fabricante.
- No se consideró la compra de herramientas ya que se asumió que el encargado de la ejecución del proyecto contaba con estas.

### 6.3. Etapa y sub etapa de obras

Las obras a ejecutar en este proyecto se establecieron a través del catálogo de etapas y sub etapas proporcionado por Las especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes (NIC 2019).

**Tabla N° 59: Etapas y sub etapas de la obra.**

<b>Etapa</b>	<b>Sub Etapa</b>	<b>Descripción</b>
<b>10</b>	<b>0</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>
	1	Obras temporales(champa)
	2	Trazo y nivelación
	3	Movilización y desmovilización de equipos y maquinarias
<b>20</b>	<b>0</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>
	1	Corte
	2	Desalojo de material cortado
	3	Conformación y compactación de sub rasante
	4	Desalojo de material cortado en conformación de sub rasante
	5	Explotación de banco de materiales
	6	Acarreo de material de préstamo
	7	Conformación y compactación de capa base

Etapa	Sub Etapa	Descripción
<b>30</b>	<b>0</b>	<b>BORDILLO PERIMETRAL</b>
	1	Elaboración de bordillo perimetral, concreto 3000psi de dimensiones 0.15x0.50m, con refuerzo de acero #3 a cada 0.15m en ambas direcciones
<b>40</b>	<b>0</b>	<b>CARPETA DE RODAMIENTO</b>
	1	Tendido de cama de arena para nivelación
	2	Conformaciones carpeta de rodadura con adoquín de dimensiones 0.22x0.24x0.10mts incluye relleno de sisas
	3	Elaboración de vigas de remate de dimensiones 0.15x0.20 mt, concreto de 3000 psi.
<b>50</b>	<b>0</b>	<b>PINTURA</b>
	1	Aplicación de pintura tipo tráfico en bordillo
	2	Aplicación de pintura tipo tráfico en línea de eje central
<b>60</b>	<b>0</b>	<b>LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL</b>
	1	Limpieza final
	2	Entrega y detalles

### 6.3.1. Etapa 10: Obras preliminares

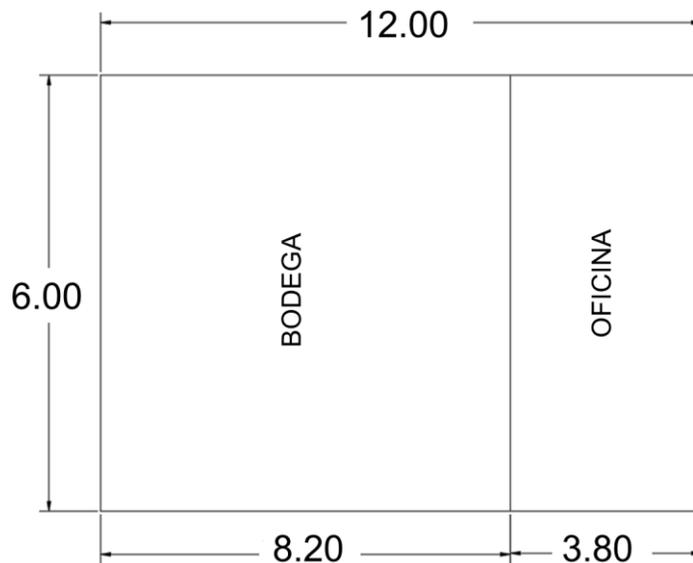
#### Sub etapa 11: Obras temporales.

Esta sub etapa comprende a la elaboración de champas que serán utilizadas como bodegas de almacenaje de materiales, herramientas e instalaciones de oficinas provisionales. Esta contara con dimensiones (12X6X3)m.

Se instalará dos puertas y tres ventanas.

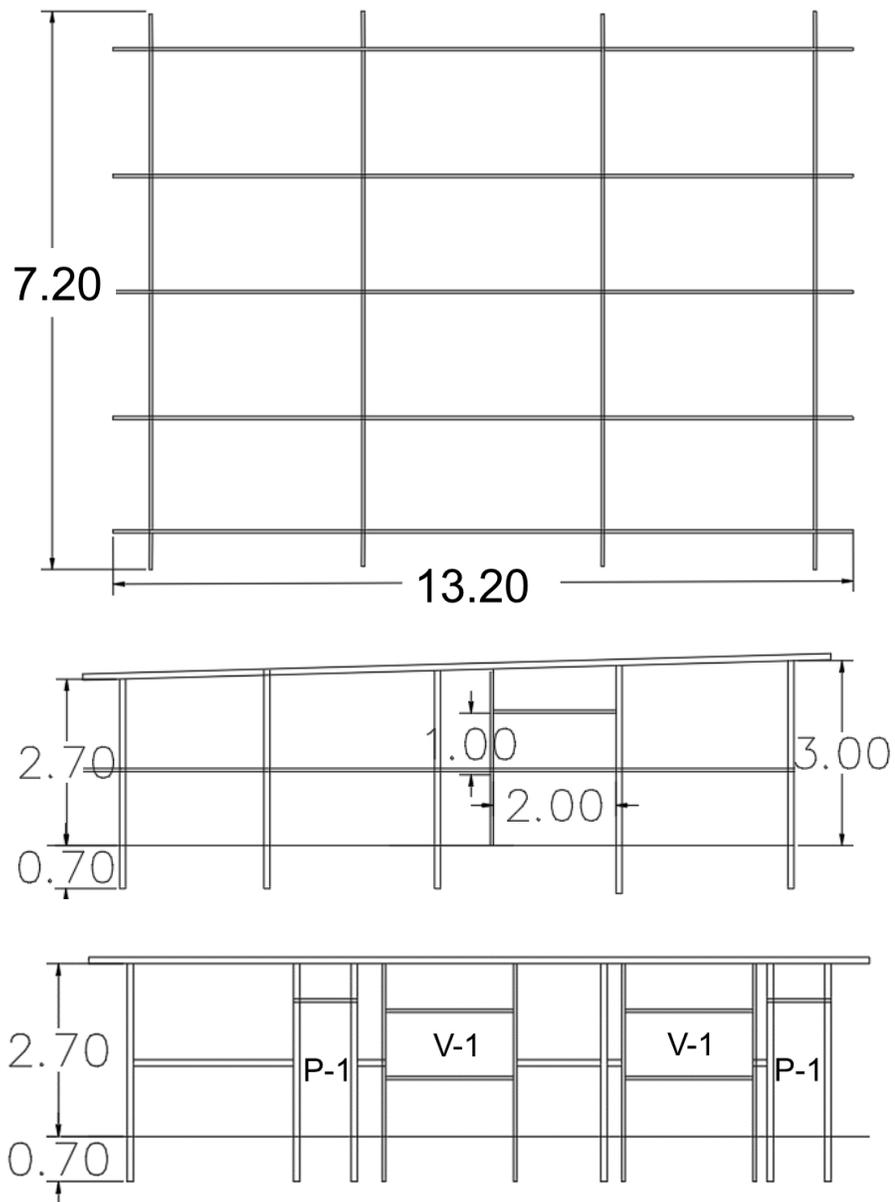
Como consideraciones generales esta será edificada por estructura de madera, cuartones de 2x4" como estructura principal, reglas de 1x3" y cuartones de 2x2" como estructura secundaria, la cubierta de techo será elaborada de lámina de zinc ondulado calibre 28 y fijado con clavos para zinc. La estructura contara con aleros de 0.60 m en todas sus direcciones. Desplante de 0.70m.

**Figura N° 18: Vista de planta champa provisional**



Fuente: Elaborado por sustentantes.

**Figura N° 19: Estructura de techo.**



Fuente: Elaborado por sustentantes.

### **Cálculo de costos de materiales**

- Cuartones 2X4X4vrs = Estructura vertical = 20und
- Cuartones 2X4X5vrs = Estructura de techo = 23und
- Cuartones 2X4X5vrs = Ref. Horizontal perimetral + Ref. boquetes p y v = 23und

- Clavo dulce de 4"= Se utilizará 5 libras de clavo
- Zinc ondulado cal.28X1mX12ft = cubierta de techo = 28und
- Zinc ondulado cal.28X1mX10ft = cubierta de techo = 36und
- Clavos para zinc = 12 por lamina de zinc = 64 x 12 = 768und
- Bisagra sencilla para puertas y ventanas = 8und
- Cadena de acero = 2und
- Candado mediano = 2und
- Pasadores sencillos = 3und

**Tabla N° 60: Costos de materiales de champa**

Items	Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
1,00	Cartones 2x4x4vrs	Und	20,00	320,00	6400,00
2,00	Cuartones 2x2x5vrs	Und	23,00	200,00	4600,00
3,00	Cuartones 2x2x6vrs	Und	20,00	240,00	4800,00
4,00	Clavo dulce de 4"	Libra	5,00	35,34	176,70
5,00	Lámina de zinc ondulado 12 ft cal. 28 Long útil 1m.	Und	27,00	651,30	17585,10
6,00	Lámina de zinc ondulado 10 ft cal.28 Long útil 1m.	Und	36,00	550,00	19800,00
7,00	Clavos para zinc	Und	768,00	1,46	1121,28
8,00	Bisagra sencilla	Und	8,00	99,50	796,00
9,00	Cadena de acero y candado mediano	Und	2,00	605,65	1211,30
11,00	Pasadores sencillos	Und	3,00	68,70	206,10
				Sub total	C\$56696,48

Fuente: Elaborado por sustentantes

### **Cálculo de costo de mano de obra**

Se asignó 3 ayudantes para la elaboración de esta obra y la duración de la misma es de un día, así mismo se asignó un oficial (albañil).

*Costo total MO = Fuerza ayudante X Tiempo X Salario.*

$$\text{Costo total de MO} = 3 \times 2 \times C\$387.63 = C\$2.325,78$$

$$\text{Costo total MO} = \text{Fuerza albanil} \times \text{Tiempo} \times \text{Salario}.$$

$$\text{Costo total de MO} = 1 \times 2 \times C\$550.00 = C\$1.100,00$$

$$\text{Costo total de MO} = C\$2.325,78 + C\$1.100,00 = C\$3425.78$$

### **Cálculo de costo de transporte/equipo**

Se consideraron 3500 córdobas de transporte de materiales del centro de Rivas a las instalaciones del proyecto.

### **Sub etapa 12: Trazo y nivelación**

#### **Cálculo de costos de materiales**

Se considera estacas de nivel en ambos lados de la calle creando así 2 tramos a colocar tacos, dichos tacos serán de 40 cm de altura

Se propones colocar estacas de niveles a cada 25mts

$$\text{Cantidad de tacos} = \left( \frac{\text{Distancia de tramo}}{(\text{separacion de tacos})} + 1 \right) (\text{Cantidad de tramos})$$

$$\text{Cantidad de tacos} = \left( \left( \frac{2000m}{10m} + 1 \right) * 2 \right) = 402 \text{ und}$$

$$6\text{vrs}=5.02\text{mtrs}$$

$$\text{Cantidad de piezas por cuarton} = \frac{5.02m}{0.40m} = 12.52 \approx 12\text{und}$$

$$\text{Cantidad de cuartones} = \frac{\text{cantidad de piezas}}{\text{cantidad de piezas por cuarton}} = \frac{402}{12} \approx 34$$

$$\text{Cantidad de cuartones} = 34 \text{ unidades} * 3 = 102 \text{ und}$$

El cálculo se multiplica por tres por que se pretende nivelar en tres partes la primera el corte y conformación de sub rasante, relleno de capa base y nivel de adoquín.

$$\text{Disco para cortar madera de } 7 \frac{1}{4}'' = 13$$

**Tabla N° 61: Costo de materiales sub etapa trazo y nivelación**

Ítems	Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
1,00	Cuartones 2x2x6vrs	Und	102,00	240,00	24480,00
2,00	Disco para madera 7 1/4"	Und	13,00	251,85	3274,05
				Sub total	C\$27754,05

Fuente: Elaborado por sustentantes

### **Cálculo de costo de mano de obra**

Se considero la renta de una estación total durante un periodo de 5 días tiempo donde se establecerán niveles y límites para el proyecto utilizando como auxiliares chapas y cuartones de nivelación para esta sub etapa. La renta del equipo incluye servicios de topógrafo y cadenero.

Se asignaron 2 ayudantes para la fabricación y colocación de las estacas de nivel.

*Costo total MO = Fuerza ayudante X Tiempo X Salario.*

*Costo total de MO = 2 X 5 X C\$387,63 = C\$3.876,30*

*Renta de estación total = 5550,0 x 5 = C\$27.750,00*

*Costo total de mano de obra: C\$3.876,30 + C\$27.750,00 = C\$31.626,30*

### **Cálculo de costos de transporte**

Se consideraron 3500 córdobas de transporte de materiales del centro de Rivas a las instalaciones del proyecto.

### **Sub etapa 13: Movilización y desmovilización de equipos y maquinarias.**

Se considero movilización Y desmovilización para los siguientes equipos:

- Movilización de low boy de tractor Caterpillar CS563-D

*Costo: Cantidad de viajes X costo de renta*

*Costo: 1 x C\$ 29.600,00 = C\$ 29.600,00*

- Movilización de low boy de excavadora Hyundai 220LC-9S

*Costo: Cantidad de viajes X costo de renta*

$$\text{Costo: } 1 \times \text{C\$ } 22.200,00 = \text{C\$ } 22.200,00$$

- Movilización de low boy de vibro compactadora Caterpillar CS563-D (12 toneladas)

Se realizarán dos viajes debido a los tiempos muertos de renta. El primero se elaborará en la compactación de la sub rasante y el segundo será en la compactación de la capa base

*Costo: Cantidad de viajes X costo de renta*

$$\text{Costo: } 2 \times \text{C\$ } 11.100,00 = \text{C\$ } 22.200,00$$

$$\text{Costo total} = \text{C\$ } 29.600,00 + \text{C\$ } 22.200,00 + \text{C\$ } 22.200,00 = \text{C\$ } 74.000,00$$

### **6.3.2. Etapa 20 movimiento de tierra**

#### **Volumen de corte y relleno.**

A partir de la propuesta de la sección transversal y longitudinal determinamos que el volumen de corte será de  $4295.58 \text{ m}^3 \approx 4296.00 \text{ m}^3$  y el volumen de relleno será de  $314.91 \text{ m}^3$  al cual se le tendrá que agregar el volumen de la capa base a sustituir. (Ver anexo, tabla N°87, pág. XLVII-L)

#### **Material de base.**

Longitud longitudinal: 2000.00 m.

Longitud transversal: 6m.

Espesor de la capa: 0.20 m.

Volumen de corte capa base:  $2000.00\text{m} \times 6.00\text{m} \times 0.15\text{m} = 1800\text{m}^3$

Volumen de relleno:  $1800.00\text{m}^3 \times 1.15 = 2070\text{m}^3 + 314.91 = 2384,91 \text{ m}^3$

**Tabla N° 62: Resumen de volumen de corte y relleno**

Longitud (m)	D vía (m)	corte (m³)	relleno (m³)
2000.00	6.00	4296.00	2384.91

**Fuente:** *Elaborado por sustentantes.*

Para el cálculo de los diferentes equipos a utilizar y sus respectivas horas maquina tomaremos en cuenta según el orden lógico las siguientes actividades:

- Corte y acopio de material a desalojar. (Equipo Tractor oruga - Caterpillar D6T-DS).
- Cargar material a desalojar. (Equipo Cargador frontal 928G (Caterpillar).
- Transporte de material cortado de tramo en estudio a botadero municipal de Rivas. (Equipo Camión volquete Mack RD-690S).
- Conformación y bombeo de subrasante. (Equipo Motoniveladora Caterpillar 140K).
- Aplicación de agua en sub rasante. (Equipo Cisterna Ford 3000 galones).
- Compactación de sub rasante. (Equipo Vibro compactadora Caterpillar CS 563 D de 12 toneladas).
- Cargar material a desalojar por conformación y bombeo. (Equipo Cargador frontal 928G (Caterpillar).
- Transporte de material cortado tramo en estudio a botadero municipal de Rivas). (Equipo Camión volquete Mack RD-690S).
- Cortar y cargar material de banco de préstamo Cori. (Equipo Excavadora Hyundai 220LC – 9S).
- Traslado de material de banco de préstamo a tramo de carretera en estudio. (Equipo Camión volquete Mack RD-690S).
- Tendido y conformación de capa base. (EquipMotoniveladora Caterpillar 140K).
- Aplicación de agua en capa base. (Equipo Cisterna Ford 3000 galones).
- Compactación de capa base. (Equipo Vibro compactadora Caterpillar CS 563 D de 12 toneladas).

### Sub etapa 21 corte:

Equipo Tractor oruga - Caterpillar D6T-DS

Velocidad de operación: 4KPH (Manual Caterpillar páginas 1 - 18)

Ancho de hoja (SU): 5.6 m<sup>3</sup>

Capacidad: 6.86m<sup>3</sup>.

Profundidad máxima de excavación: 52.7cm

Distancia de empuje: 40m (Criterio de los autores)

Producción teórica: 340m<sup>3</sup>

Factores de corrección

Eficiencia 40min/h = 67%

Capacidad de la maquinaria = 90%

Resistencia por Pendiente = 3.5% < 5%, No aplica

HSNM = 450m < 1000m, No aplica

Pérdida por empuje Por cada 30m se pierde el 5% de la eficiencia.

$$\frac{30m}{40m} = \frac{5\%}{x}$$

$$X = 6.67\%$$

$$\text{Luego: } 100\% - 6.67\% = 93.33\%$$

$$\text{Operador} = 75\%$$

$$\text{Producción real} = 340 * 0.67 * 0.90 * 0.93 * 0.75 = 143m^3/H$$

Duración del corte:

$$\frac{4296.00m^3}{143m^3/h} = 30.04hrs$$

Asumiendo que el equipo trabaje 6 horas diario se tiene una duración máxima de renta de:

$$\frac{30.04\text{hrs}}{6\text{hrs/dia}} = 5.00 \text{ dias}$$

*Costo de equipo = tiempo de renta/ horas x costo de renta/ dia x cantidad EQ.*

$$\text{Costo de equipo} = 40 \times \text{C\$}4,070.00 \times 1 = \text{C\$}162,800.00$$

## **Sub etapa 22: Desalojo de material cortado.**

### **Cargar material de desalojo**

Equipo a utilizar: Cargador frontal 928G (Caterpillar)

Capacidad nominal del cucharón: 2.2 m<sup>3</sup>

Altura máxima de descarga: 2.84 m

Tiempo de ciclo hidráulico: 10.1 segundo

Tiempo de ciclo básico: 0.52 minutos

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{\left(60 \frac{\text{minutos}}{\text{h}}\right)}{0.52\text{minutos}} = 115\text{ciclos/h}$$

$$\text{Numero de ciclos requeridos} = \frac{\text{volumen de corte abundado}}{\text{capacidad de carga}} = \frac{4296.00\text{m}^3}{2.2\text{m}^3}$$

$$\text{Numero de ciclos requeridos} = 1952.73 \text{ ciclos}$$

$$\text{Duracion de carga} = \frac{\text{Numero de ciclos}}{\text{tiempo de ciclos}} = \frac{1952.73}{115} = 16.98\text{hrs}$$

Asumiendo que el equipo trabaje 6 horas diario se tiene una duración máxima de renta de:

$$\frac{16.98\text{hrs}}{6\text{hrs/dia}} = 2.83 \text{ dias} \approx 3 \text{ dias}$$

*Costo de equipo = tiempo de renta (hrs) x costo de renta( dia) x cantidad EQ.*

$$\text{Costo de equipo} = 24 \times \text{C\$} 2,590.00 \times 1 = \text{C\$}62,160.00$$

### **Desalojo de material cortado**

Equipo a utilizar: Camión volquete Mack RD-690S.

Capacidad:

A ras = 12m<sup>3</sup>

Colmado = 13.7m<sup>3</sup>

Distancia de acarreo al vertedero= 4500 m+ 2000 m = 6500 m

Velocidad Máxima de cargado = 56KPH

No. de ciclos que necesita el cargador para llenar el camión.

$$\frac{\text{capacidad del camion}}{\text{Capacidad de carga del cucharon}} = \frac{13.7m^3}{2.2m^3} = 6.22 \approx 7 \text{ ciclos}$$

$$\text{Tiempo de carga} = (0.52\text{min/ciclo}) \times (7\text{ciclos}) = 3.64\text{min}$$

Tiempo fijo descrito = 0.8min (maniobras)

Tiempo de descarga = 1min Velocidades medias:

V ida = 30KPH

V reg. = 50KPH

Tiempo de viaje

$$\text{Tiempo de viaje ida} = \frac{\text{Distancia de recorrido}}{\text{Velocidad de ida}} = \frac{6.5\text{km}}{30\text{km/h}} = 0.22 \text{ hrs} \approx 12.6 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de viaje ida} = \frac{\text{Distancia de recorrido}}{\text{Velocidad de regreso}} = \frac{6.5\text{km}}{50\text{km/h}} = 0.13 \text{ hrs} \approx 7.8 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de viaje} = 12.6\text{min} + 7.8\text{min} = 20.4 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de ciclo} = T_{\text{carga}} + T_{\text{fijo descrito}} + T_{\text{descarga}} + T_{\text{viaje}}$$

$$\text{Tiempo de ciclo} = 3.64\text{min} + 0.8 \text{ min} + 1\text{min} + 20.4\text{min} = 25.84\text{min}$$

No. de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos

$$\text{Cantidad de camiones} = \frac{(\text{tiempo de ciclo})}{\text{tiempo de carga}} = \frac{25.84\text{min}}{3.64\text{min}} \approx 7 \text{ camiones}$$

$$\text{Numero de viajes} = \frac{\text{volumen de corte}}{\text{capacidad de camion}} = \frac{4296.00m^3}{13.7m^3} = 313.58 \approx 314$$

$$\text{Numero de viajes por camion} = \left( \frac{314 \text{ viajes}}{7 \text{ camiones}} \right) = 44.85 \approx 45 \text{ viajes/camion}$$

$$\text{Tiempo de uso por camion} = \frac{(45 \text{ viajes por camion})(25.84 \text{ min})}{60 \text{ min/hr}} = 19.38 \text{ hrs}$$

Asumiendo que el equipo trabaje 6 horas diario se tiene una duración máxima de renta de:

$$\frac{19.38 \text{ hrs}}{6 \text{ hrs/dia}} = 3.23 \text{ dias} \approx 4 \text{ dias por camion}$$

*Costo de equipo = tiempo de renta(hrs) x costo de renta(dia) x cantidad EQ.*

$$\text{Costo de equipo} = 32 \times \text{C\$ } 1,665.00 \times 7 = \text{C\$ } 372,960.00$$

*Costo total de equipo = renta cargador + renta camiones*

$$\text{Costo total de equipo} = \text{C\$ } 62,160.00 + \text{C\$ } 372,960.00 = \text{C\$ } 435,120.00$$

### **Sub etapa 23: Conformación y compactación de sub rasante**

#### **Conformación de bombeo en sub rasante**

Equipo a utilizar: Motoniveladora Caterpillar 140K

Hoja estándar: 3.66m

Velocidad de operación: 4KPH = 4000m/h

Ángulo de vertedera de trabajo: 32°

Longitud efectiva de hoja (Le): 3.17m

Eficiencia: 0.80

Altura de corte según bombeo = AT = 8.70cm

$$\text{Espesor promedio de capa a cortar} = \text{EP}_{\text{corte}} = \frac{8.70}{2 \times 100} = 0.044 \text{ m}$$

Producción teórica:  $R = v(Le - 0.6) \times E$  (Tomado del Manual Caterpillar pág. 3-14)

Donde: V: Velocidad de operación (KPH)

Le: Longitud efectiva de la hoja

E: Eficiencia de trabajo

$$R = 4000MPH(3.17 - 0.6) \times 0.80 = 8224 \text{ m}^2/h$$

$$RV = 8224 \text{ m}^2/h \times 0.44\text{m} = 361.83\text{m}^3/h$$

*Volumen de corte: longitud del tramo \* N \* Ncapas \* EPcorte \* Le*

$$Ncapas = \frac{Dvia}{Le} = \frac{6\text{mts}}{3.17\text{mts}} = 1.89 \approx 2$$

$$Volumen \text{ de corte} = 2000\text{mts} \times 2 \times 2(0.044 \times 3.17) = 1115.84\text{m}^3$$

Debido a las características existentes en el tramo se estima que con dos pasadas se lograra un acabado uniforme en la superficie

Numero de pasadas=N= 2

Se considera que la máquina retrocede cada 50m a una velocidad promedio de 6KPH por lo cual existe un tiempo de retroceso (Tr).

$$TR = \frac{2000\text{m}}{50\text{m}} \times \frac{50\text{m}}{\frac{6000\text{m}}{h}} = 0.33\text{h}$$

El operador labora un tiempo de 40min cada hora

$$(Ftr) = \frac{40\text{min}}{60\text{min}} = 0.67$$

$$Duracion \text{ de la conformacion} = N \times \frac{V}{RV \times Ftr} \times Tr$$

$$Duracion \text{ de la conformacion} = 2 \times \frac{1115.84\text{m}^3}{361.83 \times 0.67} \times 0.33\text{h} = 3.039\text{h} \approx 1\text{dia}$$

*Costo de equipo = tiempo de renta(hrs) x costo de renta(dias)x cantidad EQ.*

$$Costo \text{ de equipo} = 8 \times \text{C\$ } 3,145.00 \times 1 = \text{C\$ } 25,160.00$$

## Compactación de sub-rasante

Equipo a utilizar: Vibro compactadora Caterpillar CS 563 D (12 toneladas)

Ancho de tambor = 2.13m

Espesor de la capa (e) = 13.5 cm

Velocidad de operación = 5KPH Eficiencia

(E) = 0.75

Se considera que para alcanzar un grado de compactación del 95% Proctor Estándar se requiere de 6 pasadas sobre la misma banda. (N = 6).

Ancho de compactación por pasada (A):  $A = 2.13m - 0.15m = 1.98m$ .

$$Productividad = \frac{velocidad * e * A * E}{N} = \frac{5000m/h * 0.20m * 1.98 * 0.75}{6}$$

$$Productividad = 247.556m^3/h$$

$$Volumen de capa: 0.15mts * 2000mts * 6mtrs = 1800m^3$$

$$Tiempo para compactar una banda = \frac{Volumen de capa}{Productividad} = \frac{1800m^3}{\frac{247.5m^3}{h}} = 7.27h$$

$$Numero de bandas = \frac{Ancho de calle}{A} = \frac{6m}{1.98m} \approx 3 capas$$

*Duracion de posecion = tiempo de compactado de banda \* numero de capas*

$$Duracion de posecion = 7.27h * 3capas = 21.81h$$

Asumiendo que el equipo trabaje 6 horas diario se tiene una duración máxima de renta de:

$$\frac{21.81hrs}{6hrs/dia} = dias = 3.64 dias \approx 4dias$$

*Costo de equipo = tiempo de renta(hrs) x costo de renta(dia) x cantidad EQ.*

$$Costo de equipo = 32 x C\$ 2,405.00 x 1 = C\$76,960.00$$

*Costo total de equipo = Costo de renta tractor + costo de renta camiones*

*Costo total de equipo = C\$25,160.00 + C\$76,960.00 = C\$102,120.00*

**Sub etapa 24: Desalojo de material cortado en conformación de sub rasante.**

**Cargar material cortado en la conformación**

Equipo a utilizar: Cargador frontal 928G (Caterpillar)

Ciclos por hora = 115ciclos/h

Capacidad de cucharón 2.2m<sup>3</sup> /ciclos

$$\text{Numero de ciclos requeridos} = \frac{\text{Volumen cortado} * \text{factor de abundamiento}}{\text{capacidad de cucharon}}$$

$$\text{Numero de ciclos requeridos} = \frac{1115.84\text{m}^3 * 1.15}{\frac{2.2\text{m}^3}{\text{ciclo}}} = 583.28 \approx 584 \text{ ciclos}$$

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{584\text{ciclos}}{115 \frac{\text{ciclos}}{h}} = 5.30 \approx 6 = 1\text{dia}$$

*Costo de equipo = tiempo de renta(hrs) x costo de renta(dia) x cantidad EQ.*

$$\text{Costo de equipo} = 8 \times \text{C\$ } 2,405.00 \times 1 = \text{C\$ } 19,240.00$$

**Transporte de material cortado en la conformación**

Camión volquete Mack RD-690S

Capacidad colmada = 13.7m<sup>3</sup>.

Número de camiones = 6

Tiempo de ciclo = 25.84 min

Volumen a transportar = 1115.84m<sup>3</sup> \* 1.15= 1283.22 m<sup>3</sup>

$$\text{Duracion de transporte:} \frac{1283.22\text{m}^3}{13.7\text{m}^3} * \frac{25.84\text{min}}{6 \text{ camiones}} = 345.76\text{min} = 5.76\text{h} \approx 1\text{dia}$$

*Costo de equipo = tiempo de renta(hrs) x costo de renta(dia) x cantidad EQ.*

$$\text{Costo de equipo} = 8 \times \text{C\$ } 1,665.00 \times 6 = \text{C\$ } 79,920.00$$

*Costo total de equipo = Costo de renta tractor + costo de renta camiones*

*Costo total de equipo = C\$19,240.00 + C\$79,920.00 = C\$99,160.00*

### **Sub etapa 25: Explotación de banco de materiales.**

#### **Explotación de banco de préstamo**

Excavadora Hyundai 220LC – 9S

Capacidad del cucharón colmado = 1.05m<sup>3</sup>.

Alcance máximo vertical = 8.53m

Alcance máximo horizontal = 8.21m

Velocidad máxima de desplazamiento = 4.6KPH

Factor de llenado a utilizar = 0.95

Eficiencia = 0.80

Tiempo de ciclo=0.46min

Producción teórica: se obtiene por interpolación para t = 0.46min, V cucharones = 1.05m<sup>3</sup> y P = 158m<sup>3</sup> s/h

Producción real: Pr = 158\*0.95\*0.80 =120m<sup>3</sup> s/h

*Duracion de extraccion de material =  $\frac{2384,91m^3}{120m^3/h} = 19.87h$*

*$\frac{19.87hrs}{6hrs/dia} = 3.31 dias \approx 4 dias$*

*Costo de equipo = tiempo de renta(hrs) x costo de renta(dia) x cantidad EQ.*

*Costo de equipo = 32 x C\$ 3,145.00 x 1 = C\$100,640.00*

### **Sub etapa 26: Acarreo de material de préstamo**

Distancia de acarreo= 1.1 km+ 2km=3.1 km

Equipo a utilizar: Camión volquete Mack RD-690S.

Capacidad:

A ras = 12m<sup>3</sup>

Colmado = 13.7m<sup>3</sup>

Velocidad Máxima de cargado = 56KPH

No. de ciclos que necesita el cargador para llenar el camión.

$$\frac{\text{capacidad del camion}}{\text{Capacidad de carga del cucharon}} = \frac{13.7m^3}{1.05m^3} = 13 \text{ ciclos}$$

$$\text{Tiempo de carga} = (0.46\text{min/ciclo}) \times (13\text{ciclos}) = 5.98\text{min}$$

Tiempo fijo descrito = 1.5min (maniobras)

Tiempo de descarga = 1min Velocidades medias:

V ida = 30KPH

V reg. = 50KPH

Tiempo de viaje

$$\text{Tiempo de viaje ida} = \frac{\text{Distancia de recorrido}}{\text{Velocidad de ida}} = \frac{3.1\text{km}}{30\text{km/h}} = 0.10 \text{ hrs} \approx 6\text{min}$$

$$\text{Tiempo de viaje ida} = \frac{\text{Distancia de recorrido}}{\text{Velocidad de regreso}} = \frac{3.1\text{km}}{50\text{km/h}} = 0.060\text{hrs} \approx 3.6 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de viaje} = 6\text{min} + 3.6\text{min} = 9.6 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de ciclo} = 5.98\text{min} + 1.5 \text{ min} + 1\text{min} + 9.6\text{min} = 18.08\text{min}$$

No. de camiones necesarios para que el cargador no tenga tiempos muertos

$$\text{Canntidad de camiones} = \frac{(\text{tiempo de ciclo})}{\text{tiempo de carga}} = \frac{18.08\text{min}}{5.98\text{min}} \approx 3 \text{ camiones}$$

$$\text{Numero de viajes} = \frac{\text{volumen de relleno}}{\text{capacidad de camion}} = \frac{2384.91m^3}{13.7m^3} = 174.08 \approx 174$$

$$\text{Numero de viajes por camion} = \left( \frac{174 \text{ viajes}}{3 \text{ camiones}} \right) = 58 \text{ viajes/camion}$$

$$\text{Tiempo de uso por camion} = \frac{(58 \text{ viajes por camion})(18.08 \text{ min})}{60 \text{ min/hr}} \approx 17.48 \text{ hrs}$$

Asumiendo que el equipo trabaje 6 horas diario se tiene una duración máxima de renta de:

$$\frac{17.48 \text{ hrs}}{6 \text{ hrs/dia}} = 2.91 \approx 3 \text{ dias por camion}$$

*Costo de equipo = tiempo de renta(hrs) x costo de renta(dia) x cantidad EQ.*

$$\text{Costo de equipo} = 24 \times \text{C\$ } 1,665.00 \times 3 = \text{C\$ } 119,880.00$$

### **Sub etapa 26: Conformación y compactación de capa base**

#### **Tendido de material de préstamo**

Equipo a utilizar: Motoniveladora 120K

Espesor de la capa (e) = 20 cm compactados

Velocidad de operación (V) = 4KPH

Eficiencia (E) = 0.75

Ancho de calle= 6m

Numero de pasadas a lo ancho

$$N = \frac{\text{ancho de carretera}}{L_e * \text{traslape}} = \frac{6 \text{ m}}{3.17 \text{ m} * 0.80} = 2.36 \approx 3 \text{ pasadas}$$

Total, de pasadas

Para tender material 2 pasadas

Para homogenizar 6 pasadas

Para conformar 3 pasadas

Total 12 pasadas

$$\text{Productividad} = \frac{\text{velocidad} * e * \text{ancho de calle} * E}{\text{Total de pasadas}}$$

$$Productividad = \frac{4000m/h * 0.20m * 6m * 0.75}{12}$$

$$Productividad = 300m^3/h$$

$$Tiempo de retroceso(Tr) = \frac{dist. a conformar}{velocidad} * N = \frac{2000m}{\frac{4000m}{h}} * 12 = 6h$$

Para esta máquina se considerará un factor de tiempo efectivo de 40min/h, es decir 0.67

$$Tiempo de posecion = \frac{Volumen de relleno}{Productividad * 0.67} + Tr = \frac{2384.91m^3}{\frac{300m^3}{h} * 0.67} + 6h$$

$$Tiempo de posecion = 17.87h$$

Asumiendo que el equipo trabaje 6 horas diario se tiene una duración máxima de renta de:

$$\frac{17.87hrs}{6hrs/dia} = 2.78 \approx 3 dias$$

*Costo de equipo = tiempo de renta(hrs) x costo de renta(dia) x cantidad EQ.*

$$Costo de equipo = 24 x C\$ 3,145.00 x 1 = C\$75,480.00$$

### **Compactación de capas**

Equipo a utilizar: Vibro compactadora Caterpillar CS 563 D (12 toneladas)

Ancho de tambor = 2.13m

Espesor de la capa (e) = 13.5 cm

Velocidad de operación = 5KPH Eficiencia

(E) = 0.75

Se considera que para alcanzar un grado de compactación del 95% Proctor Estándar se requiere de 6 pasadas sobre la misma banda. (N = 6)

Ancho de compactación por pasada (A): A = 2.13m-0.15m= 1.98m

$$Productividad = \frac{velocidad * e * A * E}{N} = \frac{5000m/h * 0.20m * 1.98 * 0.75}{6}$$

$$Productividad = 247.556m^3/h$$

$$Tiempo \text{ para compactar una banda} = \frac{Volumen \text{ de capa}}{Productividad} = \frac{2384.91m^3}{\frac{247.5m^3}{h}} = 9.64h$$

$$Numero \text{ de bandas} = \frac{Ancho \text{ de calle}}{A} = \frac{6m}{1.98m} \approx 3 \text{ capas}$$

$$Duracion \text{ de posecion} = tiempo \text{ de compactado de banda} * numero \text{ de capas}$$

$$Duracion \text{ de posecion} = 9.64h * 3capas = 28.91h$$

Asumiendo que el equipo trabaje 6 horas diario se tiene una duración máxima de renta de:

$$\frac{28.91hrs}{6hrs/dia} = 4. \text{ dias} \approx 5 \text{ dias}$$

$$Costo \text{ de equipo} = tiempo \text{ de renta}(hrs) * costo \text{ de renta}(dia) * cantidad \text{ EQ.}$$

$$Costo \text{ de equipo} = 40 * C\$ 2,405.00 * 1 = C\$96,200.00$$

Para humectar se utilizarán 2 Cisterna Ford 3000 galones, el tiempo de posesión es de 5 días por cada una, correspondiente al mismo tiempo de posesión de la vibro compactadora.

$$Costo \text{ de equipo} = tiempo \text{ de renta}(hrs) * costo \text{ de renta}(dia) * cantidad \text{ EQ.}$$

$$Costo \text{ de equipo} = 40 * C\$ 693.75 * 2 = C\$55,500.00$$

$$Costo \text{ total de equipo} = renta \text{ niveladora} + renta \text{ compact.} + renta \text{ de sistrna}$$

$$Costo \text{ total de quipo} = C\$75,480.00 + C\$96,200.00 + C\$55,500.00$$

$$Costo \text{ total de quipo} = C\$227,180.00$$

### 6.3.3. Etapa 30: Bordillo perimetral

#### Sub etapa 31: Elaboración de bordillo perimetral

#### Cálculo de niveleta para bordillo

Elaboración de formaleta simple a una separación de 10 mts en ambos sentidos

Altura de estacas= 0.80 mts

$$\text{Cantidad de niveletas} = \frac{2000m}{10m} + 1 = 201 * 2 = 402und$$

Cantidad de estacas por niveleta=2

- Cuartones 2"x2"x6vrs

$$\text{Cantidad total de estacas} = 402 * 2 = 804$$

$$\text{Cantidad de piezas por cuarton} = \frac{5.02m}{0.80m} \approx 6und$$

$$\text{Cantidad de cuartones} = \frac{\text{cantidad de piezas}}{\text{cantidad de piezas por cuarton}} = \frac{804}{6} \approx 134$$

$$\text{Cantidad de cuartones} = 134 + 20\%(\text{desperdicio}) \approx 161 \text{ unidades}$$

- Reglas de 1"x3"x6vrs

Ancho de niveleta de afuera a fuera=0.60mts

Cantidad de reglas=cantidad de niveletas

$$\text{Cantidad de piezas por regla} = \frac{5.02m}{0.60m} \approx 8und$$

$$\text{Cantidad de reglas} = \frac{\text{cantidad de piezas}}{\text{cantidad de piezas por regla}} = \frac{402}{8} \approx 51$$

$$\text{Cantidad de reglas} = 51 + 20\%(\text{desperdicio}) \approx 62 \text{ unidades}$$

- Clavos de 1" Para guía de eje de bordillo

$$\text{Cantidad de clavos} = \text{cantidad de niveletas} = 402 + 30\% = 524und$$

- Clavos de 2 ½" para fijar regla a estaca

Se estima usar 6 clavos en cada niveleta

$$\text{Cantidad de clavos} = \text{cantidad de niveleta} * 6 und = 402und * 6und = 2412und$$

$$\text{Cantidad de clavos} = 2412und * 30\% = 3136 und$$

- Lienza para guía

Se utilizará en presentación de 100 mts

Cantidad de tramos=2

Longitud de tramo=2000m

$$\text{Cantidad de lienza} = \frac{2000m}{100} = 20 \text{ unidades}$$

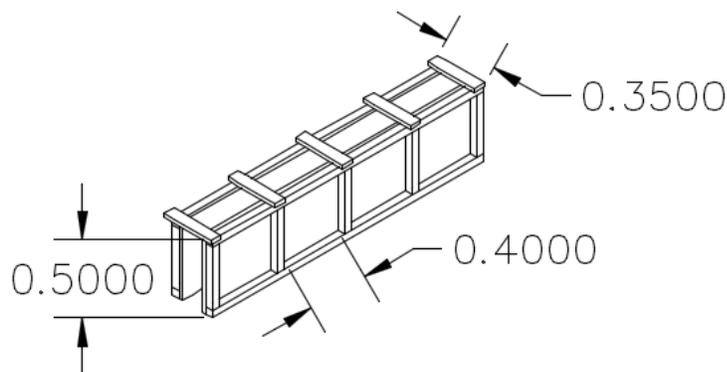
- Disco para cortar madera de 7 ¼" =35 unidades

Formaleta para colado de bordillo

Altura de bordillo=0.50

### Elaboración de formaleta para bordillo

**Figura N° 20: Detalle típico de formaleta**



**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

Longitud de formaleta= 2000m

- Lamina playwood ¾"

Lamina de dimensiones 1.22mx2.44m

$$\text{Cantidad de franjas por laminas} = \frac{1.22m}{0.15m} \approx 8 \text{ franjas}$$

Por cada lamina se obtiene un desarrollo lineal de 4.88m

$$\text{Cantidad de laminas} = \frac{2000m}{4.88m} = 409.83 \text{ und} \times 1.10 (\text{desperdicio}) \approx 451 \text{ laminas}$$

Cantidad de laminas  $451\text{und} * 2 = 902\text{und}$

Se multiplico por dos debido a que se propone bordillos a ambos lados, asi mismo se propone uno medio de formaleta de 2 veces por elementos armados.

Cantidad de laminas  $= (901\text{und})/2 = 450\text{ und}$

- Cuartones  $2'' \times 2'' \times 6\text{vrs}$

Cuartones verticales

Desarrollo  $= 0.40\text{mts}$

Numero de piezas por cuartones  $= \frac{5.015\text{m}}{0.40\text{m}} \approx 12\text{und}$

Separación entre cuartones  $= 0.45\text{m}$

Cantidad de piezas  $= \frac{2000\text{m}}{0.45\text{m}} + 1 \approx 4446\text{ und}$

Cantidad de cuartones  $= \frac{4446}{12} \approx 371\text{und} \times 2\text{ tramos} = 742 * 1.05\text{ desp} = 780\text{und}$

Cuartones horizontales

Cantidad de cuartones  $= \frac{2000\text{m}}{5.02\text{m}} \approx 399\text{und} * 2 = 798\text{ und}$

Cantidad de cuartones  $= 798\text{und} * 2\text{ tramos} = 1596\text{und}$

Total de cuartones  $= 1596\text{und} + 780\text{und} = 2376\text{und}$

Se reutilizarán cuartones 4 veces reduciendo la cantidad 594 und.

- Reglas de  $1'' \times 3'' \times 6\text{vrs}$

Separación de piezas  $= 0.45\text{m}$

Longitud de pieza  $= 0.35\text{m}$

Numero de piezas por regla  $= \frac{5.015\text{m}}{0.35\text{m}} \approx 14\text{und}$

Cantidad de piezas  $= \frac{2000\text{m}}{0.45\text{m}} + 1 \approx 4446\text{ und}$

$$\text{Cantidad de reglas} = \frac{4446}{14} \approx 318 \text{ und} \times 2 \text{ tramos} = 636 * 1.05 \text{ desp} = 668 \text{ und}$$

Se reutilizará reglas 2 veces reduciendo la cantidad a 334 und.

- Calvos de 2 ½"

Para fijar cuartones verticales

Se utilizarán 2 clavos por cada pieza

Cantidad de piezas= 4446 und

$$\text{Cantidad de clavos} = 4446 \text{ und} * 2 * 2 \text{ tramos} * 20\% \text{ desperdicio} = 21341 \text{ und}$$

Para fijar cuartones horizontales

Se colocarán a cada 0.40 m

$$\text{Cantidad de clavos} = \frac{2000 \text{ m}}{0.40 \text{ m}} + 1 = 5001 \text{ und} * 2 \text{ piezas} * 2 \text{ tramos} * 20\% \text{ desperd.}$$

$$\text{Cantidad de clavos} = 24005 \text{ und}$$

Para fijar reglas

Se utilizarán 2 clavos por cada pieza

Cantidad de piezas= 4446 und

$$\text{Cantidad de clavos} = 4446 \text{ und} * 2 * 2 \text{ tramos} * 20\% \text{ desperdicio} = 21341 \text{ und}$$

$$\text{Cantidad total de clavos} = 21341 + 24005 + 21341 = 66686 \text{ und}$$

- Concreto para bordillo

Dimensiones

$$H = 0.50 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = 2000 \text{ m}$$

$$\text{Volumen de concreto} = 0.50 \text{ m} * 0.15 \text{ m} * 2000 \text{ m} = 150 \text{ m}^3 * 2 \text{ tramos} = 300 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de concreto} = 300 \text{ m}^3 * 20\% \text{ de desperdicio} = 360 \text{ m}^3$$

Cantidad de materiales

$$\text{Arena} = 360 * 0.58\text{m}^3 = 208.8\text{m}^3$$

$$\text{Grava} = 360\text{m}^3 * 0.77\text{m}^3 = 277.2\text{m}^3$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 360\text{m}^3 * \frac{8.7\text{bolsa}}{\text{m}^3} = 3132 \text{ bolsas}$$

Se considera comprar 75 discos para cortar madera de 7 ¼"

- Acero de refuerzo

Se considera utilizar acero corrugado #3 @0.15m en ambas direcciones

Longitud de traslape= 30cm

Longitud efectiva de la varilla (Le)=5.70m

Recubrimiento de concreto = 0.025mts

Varillas longitudinales

$$\text{Cantidad de filas por sección} = \left( \frac{0.50\text{m} - 0.025\text{m} * 2}{0.15\text{m}} + 1 = 4\text{und} \right)$$

$$\text{Varillas longitudinales} = \frac{2000}{5.70} * 4 \approx 1404 * 2 \text{ tramos} = 1808\text{unidades}$$

Transversales

$$\text{Cantidad de elementos} = \frac{2000\text{m}}{0.15\text{m}} + 1 = 13335\text{und}$$

$$\text{Desarrollo del elemento} = 0.50\text{m} - 0.025\text{m} * 2 = 0,45\text{m}$$

$$\text{Cantidad de elementos por varilla} = \frac{6\text{m}}{0.45\text{m}} \approx 13 \text{ unidades}$$

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{13335\text{und}}{\frac{13\text{und}}{\text{varilla}}} \approx 1026 * 2 \text{ tramos} = 2052 \text{ unidades}$$

$$\text{Total de varillas} = 1808\text{und} + 2052\text{und} = 3860 \text{ unidades}$$

Cantidad de varillas por quintal=14und

$$\text{total de acero en qq} = \frac{3860\text{und}}{14\text{varillas/qq}} = 275.71\text{qq}$$

- Alambre de amarre recocido #18

Este se considera el 5% del peso total del acero

Cantidad de alambre de amarre = 275.71 qq \* 5% = 13.79qq = 3041 libras

Cantidad de alambre de amarre = 3041libras \* 30% = 3954 libras

**Tabla N° 63: Costo de materiales de bordillo.**

Ítems	Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
1,00	Cuartones 2x2x6vrs	Und	578,00	240,00	138720,00
2,00	Regla de 1x3x6vrs	Und	396,00	180,00	71280,00
3,00	Clavo corriente de 1"	Und	524,00	0,13	68,12
4,00	Clavo corriente de 2 1/2"	Und	69822,00	0,40	27928,80
5,00	Lineas de 100metros	Und	20,00	12,00	240,00
6,00	Disco para cortar madera de 7 1/4"	Und	110,00	251,85	27703,50
7,00	Lamina playwood 1/4"	Und	902,00	800,00	721600,00
8,00	Arena motastepe	m3	208,80	419,70	87633,36
9,00	Grava 3/4"	m3	277,20	466,57	129333,20
10,00	Cemento Holcim	Und	3132,00	442,00	1384344,00
11,00	Acero corrugado 3/8"	Und	3860,00	142,27	549162,20
12,00	Alambre recocido #18	libras	3954,00	27,00	106758,00
				Sub total	C\$3.244.771,18

*Fuente: Elaborado por sustentantes*

### **Cálculo de costos de mano de obra**

Se asigno 10 ayudantes para la elaboración de esta obra y la duración de la misma es de un día, así mismo se asignó 5 oficial (albañil).

*Costo total MO = Fuerza ayudante X Tiempo X Salario.*

*Costo total de MO = 10 X 20 X C\$387.63 = C\$77.526,00*

*Costo total MO = Fuerza albanil X Tiempo X Salario.*

*Costo total de MO = 5 X 20 X C\$550.00 = C\$55.000,00*

*Costo total de MO = C\$77.526,00 + C\$55.000,00 = C\$132,526.78*

### **Cálculo de costos de transporte/equipo**

Se consideró el 7% del costo total del material para definir el costo de transporte.

*Transporte = 3244771,18 X 7% = C\$227,133.98*

### **6.3.4. Etapa 40: Carpeta de rodamiento**

#### **Sub etapa 41: Tendido de cama de arena para nivelación**

#### **Cálculo de costo de materiales**

Con la ayuda de nuestros planos constructivos se determinó que el volumen de arena será de 946.85 m<sup>3</sup>. (ver anexo, tabla N°88, pág. L-LII)

*Costo de materiales = 946.85m<sup>3</sup> x C\$419.70 = C\$ 397,292.95*

#### **Cálculo de costos de equipo/transporte**

Distancia de acarreo= 113.70km

Equipo a utilizar: Camión volquete Mack RD-690S.

Capacidad:

A ras = 12m<sup>3</sup>

Colmado = 13.7m<sup>3</sup>

Velocidad Máxima de cargado = 56KPH

V ida = 30KPH

V reg. = 50KPH

Tiempo de viaje

$$\text{Tiempo de viaje ida} = \frac{\text{Distancia de recorrido}}{\text{Velocidad de ida}} = \frac{113.70\text{km}}{30\text{km/h}} = 3,79 \text{ hrs}$$

$$\text{Tiempo de viaje r} = \frac{\text{Distancia de recorrido}}{\text{Velocidad de regreso}} = \frac{113.70\text{km}}{50\text{km/h}} = 2,27\text{hrs}$$

Se rentarán 6 camiones cada uno de ellos realizara un viaje diario

$$\text{Tiempo de viaje x dia} = 32.79 \text{ hrs} + 2.27\text{hrs} = 6.06 \text{ horas}$$

Se asignan 8 horas de renta diaria por camión considerando el tiempo de carga.

$$\text{Cantidad de viajes} = \frac{\text{Cantidad de material}}{\text{capacidad de camion}} = \frac{946.85\text{m}^3}{13,7} \approx 69.11 \text{ viajes}$$

$$\text{cantidad de} = \text{Cantidad de viaje/cantidad de camiones}$$

$$\text{cantidad de viajes por camion} = 69.11\text{viajes}/6 \text{ camiones} \approx 12 \text{ viajes}$$

$$\text{Horas de renta por camion: } 12 \text{ viajes} \times 8\text{hrs/dia} = 96\text{hras/camion}$$

$$\text{Costo de renta} = \text{tiempo de renta}(\text{hrs}) \times \text{costo de renta}(\text{dia}) \times \text{cantidad EQ.}$$

$$\text{Costo de renta} = 96\text{hrs} \times \text{C\$ } 1,665.00 \times 6 = \text{C\$}959,040.00$$

Se utilizará equipo back hoe para el tendido del material durante 5 días y laborará 8 horas por día.

$$\text{Costo de renta} = 40\text{hrs} \times \text{C\$ } 1,665.00 \times 1 = \text{C\$}66,600.00$$

$$\text{Total de renta de equipo} = \text{C\$}959,040.00.00 + \text{C\$}66,600.00 = \text{C\$}1,025,640.00$$

$$\text{Costo total} = \text{C\$ } 397,292.95 + \text{C\$}1,025,640.00 = \text{C\$}1,422,932.95$$

## **Sub etapa 42: Conformaciones carpeta de rodadura.**

### **Cálculo de costos de materiales**

- Medio adoquín

Materiales de calle

Ancho de calle= 6m

Cálculo de medio adoquín

Cantidad de franjas= 2

Longitud del tramo 2000m

Longitud de medio adoquín 0.22 mtrs

Ancho de sisa= 1cm

$$\text{Cantidad medio adoquin} = \frac{2000m}{0.22m + 0.01m} * 2 \text{franjas}$$

$$\text{cantidad de medio adoquin} = 17392und * 5\% \text{desperdicio} = 18262und$$

$$\text{Cantidad de adoquin por franja longitudinal} = \frac{17392und}{2} = 8696 \text{ unidades}$$

$$\text{Costo total de medio adoquin} = 18262.00 undund * C\$9.50 = C\$173,489.00$$

- Adoquín

$$\text{Cantidad de franjas adoquin comp.} = \frac{\text{ancho de calle} - 2 * \text{ancho med. adoquin}}{\text{ancho de adoquin}}$$

Nota: En este cálculo se consideró al ancho de la sisa

$$\text{Cantidad de franjas aqoquin completo} = \frac{6m - 2 * 0.13m}{0.25m} = 23 \text{unidades}$$

$$\text{Cantidad de adoquines} = 23und * 8696und = 200008.00und * 0.5\% \text{desperdicio}$$

$$\text{Cantidad de adoquines} = 201008.04 \approx 201009.00und$$

$$\text{Costo total de adoquines} = 201009.00undund * C\$19.50 = C\$3,919,675.50$$

- Arena para sello de adoquín

Perímetro del adoquín

$$P = 0.24 + 0.22 + 0.24 + 0.22 = 0.92m$$

Espesor de junta= 0.01m

Espesor del adoquín=0.10m

$$\text{Volumen de arena en sisa por adoquin} = 0.92 * 0.01 * 0.10 = \frac{0.00092m^3}{2}$$

$$\text{Volumen de arena en sisa por adoquin} = 0.00046m^3$$

Nota: se divide entre dos debido al traslape entre adoquines

$$\text{Volumen de area adoquin} = 0.00046m^3 * 210009.00und = 96.60m^3$$

$$\text{Volumen de arena por medio adoquín} = \frac{0.00046m^3}{2} = 0.00023m^3$$

$$\text{Volumen de arena medio adoquin} = 0.00023m^3 * 8696 unidades = 2m^3$$

$$\text{Volumen de arena en sisas} = 96.60m^3 + 2m^3 = 98.60m^3 * 30\%despedico$$

$$\text{Volumen de arena en sisas} = 128.18m^3$$

$$\text{Costo de arena} = 128.18m^3 * C\$419.70 = C\$ 53,797.15$$

$$\text{Costo total de material} = C\$173,489.00 + C\$3,919,675.50 + C\$ 53,797.15$$

$$\text{Costo total de material} = C\$4,146,961.65$$

### **Cálculo de costos de mano de obra**

Se asigno 24 ayudantes para la elaboración de esta obra y la duración de la misma es de un día, así mismo se asignó 12 oficial (albañil).

$$\text{Costo total MO} = \text{Fuerza ayudante} \times \text{Tiempo} \times \text{Salario.}$$

$$\text{Costo total de MO} = 24 \times 45 \times C\$387.63 = C\$418.640,00$$

$$\text{Costo total MO} = \text{Fuerza albanil} \times \text{Tiempo} \times \text{Salario.}$$

$$\text{Costo total de MO} = 12 \times 45 \times C\$550.00 = C\$297.000,00$$

$$\text{Costo total de MO} = C\$418.640,00 + C\$297.000,00 = C\$715,640.00$$

### **Cálculo de costo de transporte/equipo**

Distancia de acarreo= 113.70km

Equipo a utilizar: Camión volquete Mack RD-690S.

Capacidad:

A ras = 12m<sup>3</sup>

Colmado = 13.7m<sup>3</sup>

Velocidad Máxima de cargado = 56KPH

V ida = 30KPH

V reg. = 50KPH

Tiempo de viaje

$$\text{Tiempo de viaje ida} = \frac{\text{Distancia de recorrido}}{\text{Velocidad de ida}} = \frac{113.70\text{km}}{30\text{km/h}} = 3,79 \text{ hrs}$$

$$\text{Tiempo de viaje r} = \frac{\text{Distancia de recorrido}}{\text{Velocidad de regreso}} = \frac{113.70\text{km}}{50\text{km/h}} = 2,27\text{hrs}$$

Se rentarán 2 camiones cada uno de ellos realizara un viaje diario

$$\text{Tiempo de viaje x dia} = 3.79\text{hrs} + 2.27 = 6.06 \text{ horas}$$

Se asignan 8 horas de renta diaria por camión considerando el tiempo de carga.

$$\text{Cantidad de viajes} = \frac{\text{Cantidad de material}}{\text{capacidad de camion}} = \frac{128,18\text{m}^3}{13,7} \approx 10 \text{ viajes}$$

$$\text{cantidad de} = \text{Cantidad de viaje/cantidad de camiones}$$

$$\text{cantidad de viajes por camion} = 10\text{viajes}/2 \text{ camiones} \approx 5 \text{ viajes}$$

$$\text{Horas de renta por camion: } 5 \text{ viajes} \times 8\text{hrs}/\text{dia} = 40\text{hras}/\text{camion}$$

$$\text{Costo de renta} = \text{tiempo de renta}(\text{hrs}) \times \text{costo de renta}(\text{dia}) \times \text{cantidad EQ.}$$

$$\text{Costo de renta} = 40\text{hrs} \times \text{C\$ } 1,665.00 \times 2 = \text{C\$}132,200.00$$

Se utilizará equipo back hoe para el tendido del material durante 3 días y laborará 8 horas por día

$$\text{Costo de renta} = 24\text{hrs} \times \text{C\$ } 1,665.00 \times 1 = \text{C\$}39,960.00$$

$$\text{Total de renta de equipo} = \text{C\$}132,200.00 + \text{C\$}39,960.00 = \text{C\$}172,160.00$$

**Sub etapa 43: Elaboración de vigas de remate de dimensiones 0.15x0.20 mt, concreto de 3000 psi.**

### **Cálculo de costo de materiales**

Se elaborarán vigas transversales en cambios bruscos de pendientes y al final del tramo

Con un total de 6 vigas de dimensiones 0.15m x 0.20m

$$\text{volumen de concreto} = 0.15m * 0.20m * 6m * 6 = 1m^3$$

Se implementará una proporción 1:2:3

$$\text{Arena} = 1m^3 * 0.58m^3 = 0.58m^3 * C\$419.70 = C\$243.02$$

$$\text{Grava} = 1m^3 * 0.77m^3 = 0.77m^3 * C\$466.57 = C\$359.26$$

$$\text{Cantidad de cemento} = 1m^3 * \frac{8.7\text{bolsa}}{m^3} = 9 \text{ bolsas} * C\$442.00 = C\$3978.00$$

$$\text{Total de material} = C\$243.02 + C\$359.26 + C\$3978.00 = C\$4580.28$$

### **Cálculo de costo de mano de obra**

Se asignó 24 ayudantes para la elaboración de esta obra y la duración de la misma es de un día, así mismo se asignó 12 oficial (albañil).

$$\text{Costo total MO} = \text{Fuerza ayudante} * \text{Tiempo} * \text{Salario}.$$

$$\text{Costo total de MO} = 24 * 24 * C\$387.63 = C\$1.550,52$$

$$\text{Costo total MO} = \text{Fuerza albanil} * \text{Tiempo} * \text{Salario}.$$

$$\text{Costo total de MO} = 12 * 24 * C\$550.00 = C\$1.100,00$$

$$\text{Costo total de MO} = C\$1.550,52 + C\$1.100,00 = C\$2,650.52$$

### **Cálculo de costo de Transporte/equipo**

Se considero 3000 córdobas en concepto de transporte

#### **6.3.5. Etapa 50: Pintura**

##### **Sub etapa 51: Aplicación de pintura tipo tráfico en bordillo**

#### **Cálculo de costo de material**

Aplicación de pintura tipo tráfico en bordillo

Altura de bordillo expuesta=0.15mts

Ancho de bordillo= 0.15m

Longitud de bordillo=2000m

Area = (0.15 + 0.15 + 0.15)m \* 2000m = 900m<sup>2</sup> \* 2tramos = 1800m<sup>2</sup>

Rendimiento de pintura=125m<sup>2</sup> por cubeta

Cantidad de pintura =  $\frac{1800\text{m}^2}{125\text{m}^2/\text{cubeta}} \approx 15$  cubetas

Cantidad de diluyente por cubeta=1 galón (incluye desperdicio)

Cantidad de diluyente=15 galones

La pintura se aplicará con compresor y se compraran brochas para rematar

Costo de material

*Costo de pintura = 15 cubetas x C\$10,743.19 = C\$161,147.85*

*Costo de diluyente = 15 galones x C\$326.37 = C\$4,895.55*

*Compra de brocha de 2in = 4 brochas x C\$40.60 = C\$162.40*

*Costo total de material = C\$161,147.85 + C\$4,895.55 + C\$162.40*

*Costo total de material = C\$166,205.80*

### **Cálculo de costo de mano de obra**

Para esta actividad se asignarán 8 ayudantes y 4 compresores

*Costo de mano de obra = 12 ayudantes x 7 dias x 387,63 = C\$32,560.92*

### **Cálculo de costo de transporte/equipo**

Renta de compresores = Cantidad de comp. dias de renta x costo de renta(dia)

*Renta de compresores = 4comp. x 7 dias x C\$555.00 = C\$15,540.00*

### **Sub etapa 52: Aplicación de pintura tipo tráfico en línea de eje central**

#### **Cálculo de costo de mano de obra**

Ancho de línea=0.10m

Largo de línea 2000m

Area de linea =  $0.10 * 2000m = 200m^2$

cantidad de pintura =  $\frac{200m^2}{125m^2/cubeta} = 1.6cubetas \approx 2cubetas$

Cantidad de diluyente por cubeta=1 galón (incluye desperdicio)

Cantidad de diluyente=2 galones

La pintura se aplicará con compresor y se compraran brochas para rematar

Costo de material

*Costo de pintura = 2 cubetas x C\$10,743.19 = C\$21,486.38*

*Costo de diluyente = 2 galones x C\$326.37 = C\$652.74*

*Compra de brocha de 2in = 4 brochas x C\$40.60 = C\$162.40*

*Costo total de material = C\$21,486.38 + C\$652.74 + C\$162.40 = C\$22,301.52*

### **Cálculo de costo de mano de obra**

Para esta actividad se asignarán 8 ayudantes y 4 compresores

*Costo de mano de obra = 4 ayudantes x 4 dias x 387,63 = C\$6,202.08*

### **Cálculo de costo de transporte/equipo**

Renta de compresores = Cantidad de comp. x dias de renta x costo de renta(dia)

Renta de compresores = 2comp. x 4 dias x C\$555.00 = C\$4,440.00

### **6.3.6. Etapa 60: Limpieza y entrega fina**

#### **Sub etapa 51: Limpieza final**

Para esta sub etapa se estima C\$10,000.00 córdobas en concepto de limpieza de mano de obra.

### **6.4. Costos directos**

A través de la tabla N° 64 observamos el resumen de los costos finales para cada etapa y sub etapa valores que se obtuvieron formulando el costo de cada componente como lo son material, mano de obra y transporte/equipo plasmado en (anexo, tabla N° 79-86, pág. XLII-XLIX).

**Tabla N° 64: resumen de costos directos**

<b>Etapa</b>	<b>Sub Etapa</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>10</b>	<b>0</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>200.502,61</b>
	1	Obras temporales(champa)	Gbl	1,00	63.622,26	63.622,26
	2	Trazo y nivelación	m <sup>2</sup>	12.000,00	5,24	62.880,35
	3	Movilización y desmovilización de equipos y maquinarias	Gbl	1,00	74.000,00	74.000,00
<b>20</b>	<b>0</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				<b>1.246.900,00</b>
	1	Corte	m <sup>3</sup>	4.296,00	37,90	162.800,00
	2	Desalojo de material cortado	m <sup>3</sup>	4.296,00	101,28	435.120,00
	3	Conformación y compactación de sub rasante	m <sup>2</sup>	12.000,00	8,51	102.120,00
	4	Desalojo de material cortado en conformación de sub rasante	m <sup>3</sup>	1.115,84	88,87	99.160,00
	5	Explotación de banco de materiales	m <sup>3</sup>	2.385,91	40,20	75.480,00
	6	Acarreo de material de préstamo	m <sup>3</sup>	2.385,91	50,27	119.880,00
	7	Conformación y compactación de capa base	m <sup>2</sup>	12.000,00	18,93	227.180,00
<b>30</b>	<b>0</b>	<b>BORDILLO PERIMETRAL</b>				<b>3.604.431,16</b>
	1	Elaboración de bordillo perimetral, concreto 3000psi de dimensiones 0.15x0.50m, con refuerzo de acero #3 a cada 0.15m en ambas direcciones	ml	4.000,00	901,11	3.604.431,16

Etapa	Sub Etapa	DESCRIPCION	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
<b>40</b>	<b>0</b>	<b>CARPETA DE RODAMIENTO</b>				<b>6,467,925.40</b>
	1	Tendido de cama de arena para nivelación espesor 5cm	m <sup>2</sup>	12.000,00	118,58	970.371,00
	2	Conformaciones carpeta de rodadura con adoquín de dimensiones (0.22x0.24x0.10) m incluye relleno de sisas	m <sup>2</sup>	12.000,00	419,56	5.034.761,65
	3	Elaboración de vigas de remate de dimensiones (0.15x0.20) m, concreto de 3000 psi.	ml	36,00	284,19	10.230,80
<b>50</b>	<b>0</b>	<b>PINTURA</b>				<b>247.250,32</b>
	1	Aplicación de pintura tipo tráfico en bordillo	ml	4.000,00	53,58	214.306,72
	2	Aplicación de pintura tipo tráfico en línea de eje central	ml	2.000,00	16,47	32.943,60
<b>60</b>	<b>0</b>	<b>LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL</b>				<b>10.000,00</b>
	1	Limpieza final	Gbl	1,00	10.000,00	10.000,00
	2	Entrega y detalles	Gbl	1,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>						<b>C\$11,777,009.49</b>

Fuente: Elaborado por sustentantes

El costo total para la ejecución de la obra en lo que respecta a costos directos es de C\$ 11,777,009.49.

# **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

- En el estudio del tránsito se realizó un aforo vehicular de 12 horas durante 3 días consecutivos, del cual se obtuvo un TPDA de 2379 vehículos/día. De lo cual se refleja que la afluencia vehicular es mayoritariamente de vehículos livianos con 94.92%. Para la proyección del tráfico se utilizó una tasa de crecimiento de 3.15%, obtenidas del promedio de las tasas de crecimiento históricas de la ECD N 7201, PIB, POB. A partir de un periodo de 20 años se alcanzó un tránsito de diseño de 12,639,221.00 vehículos y soportara un peso de ejes equivalentes o ESAL's de 1,041,425.963.
- A través de los distintos estudios de suelos se determinó que el material presente en sitio es apto para la conformación de la capa sub rasante. No obstante, el material existente no cumple con los requerimientos para ser usado como capa base, se optó por hacer estudios de suelo al banco de materiales más cercano en este caso en específico se hará uso del banco de materiales Cori el cual será usado para conformar la capa base dicho material será mejorado con cemento para alcanzar la resistencia requerida para la capa antes mencionada método que se deja a manera de propuesta debido a que no contamos con los recursos para elaborarla con lo que respecta a tiempo y economía . También si se desea mejorar las características de plasticidad de la sub rasante se propone hacer uso del mejoramiento de suelo con cal.
- A través del levantamiento topográfico a través del levantamiento altimétrico y planimétrico se determinó que el tipo de terreno es tipo plano con pendientes no mayores al 1.41% a si mismo a partir del levantamiento se realizó una propuesta de diseño geométrico con el fin de ser utilizado en el capítulo de costo y presupuesto (Ver detalle en plano constructivo).
- Se procesó la información obtenida del levantamiento topográfico a través del programa AUTOCAD CIVIL 3D 2020, para obtener las curvas de nivel y el perfil longitudinal a través del programa AUTOCAD CIVIL 3D 2020, encontrando pendientes que oscilan entre 0% a 5% clasificando el terreno como llano o

plano, así mismo este será utilizado para la elaboración de costos directos del proyecto.

- A partir de un ESAL's de 1,041,425.963, con un CBR de diseño de 9%, los espesores resultantes son de 4.00 pulgadas para la carpeta de rodamiento (Adoquín) y 8.00 pulgadas para base estabilizada con cemento. Obteniendo un total de 12 pulgadas de estructura de pavimento articulado. La estructura de pavimento cumplirá a los esfuerzos sometidos, dado que estos valores cumplen con lo establecido en el método AASHTO-93 en cuanto a espesores mínimos se requiere, todo esto indica que será una estructura de pavimento que cumplirá y soportará la demanda vehicular proyectada.
- A través del cálculo de la explotación de equipos, el take-off de materiales y el calilo de la mano de obra a implementarse en el proyecto se concluye que el valor del costo directo para implementar el proyecto es de C\$ 11,777,009.49.

# **RECOMENDACIONES**

## RECOMENDACIONES

- El suelo-cemento será curado durante 7 días por medio de riegos de agua u otro método aprobado.
- Verifica la calidad de los materiales a través de las especificaciones de calidad y resistencia propuestas en las Normas NIC- 2019.
- Utilizar adoquín tipo tráfico y que este cumpla con su resistencia de 3,500 PSI según la NIC 2019.
- Los adoquines de concreto deberán cumplir con las especificaciones de la norma NTON-12009-10 para adoquines de concreto de Pavimento.
- La arena a utilizar como lecho de adoquines deberá de ser limpia y tener una granulometría tal que la totalidad de la arena pase a través del tamiz de 3/8" y no más del 5% pase por el tamiz N°200.
- Los materiales para la conformación de las distintas capas de la estructura de pavimento serán provenientes de la explotación de bancos de material. El material deberá estar libre de sustancias deletéreas o talcosas, teniendo propiedades ligantes tales que permitan una buena compactación y contribuyan a formar una capa de base bien0 ligada y densa.
- Elaborar mojoneros auxiliares adicionales a las niveletas durante el trazo del bordillo.
- Determinar los rendimientos reales de equipos en campo.
- Implementar ensayos de CBR durante la conformación de las distintas capas que conforman la estructura de pavimento con el fin de corroborar que cada estrato cumpla con los requerimientos de resistencia a la compresión de cada capa según diseño.

# **BIBLIOGRAFIA**

Ingeniería de Pavimentos para Carretera. 2da edición, año 2001. (s.f.).

Método de diseño de pavimento versión 1993 de la AASHTO (American association of state highway and transportation officials). (s.f.).

Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). Anuario de Aforos de Trafico 2020. (s.f.). Managua.

Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes. NIC-2019. (s.f.).

Asociación Americana de Psicología. (2019). Guía de normas APA, 7ª Ed.

Ing. Gámez Morales William R. (2015). Texto básico auto formativo de topografía general. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

Cal y Mayor Cárdenas. (2017). Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones 7ª Edición. Bogotá: AIFAOMEGA.

Ing. Jorge Coronado Iturbide. (2002). Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos.

Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras. 3ra. Edición, año (2011).

McCormac, J. (2007). Topografía. México: LIMUSA, S.A.

# **ANEXOS**

**Figura N° 21: Inicio del tramo en estudio. Latitud 11°25'29.30"N**



***Fuente:*** Elaboración propia

**Figura N° 22: Trayectoria del tramo en estudio. Latitud 11°24'27.58"N**



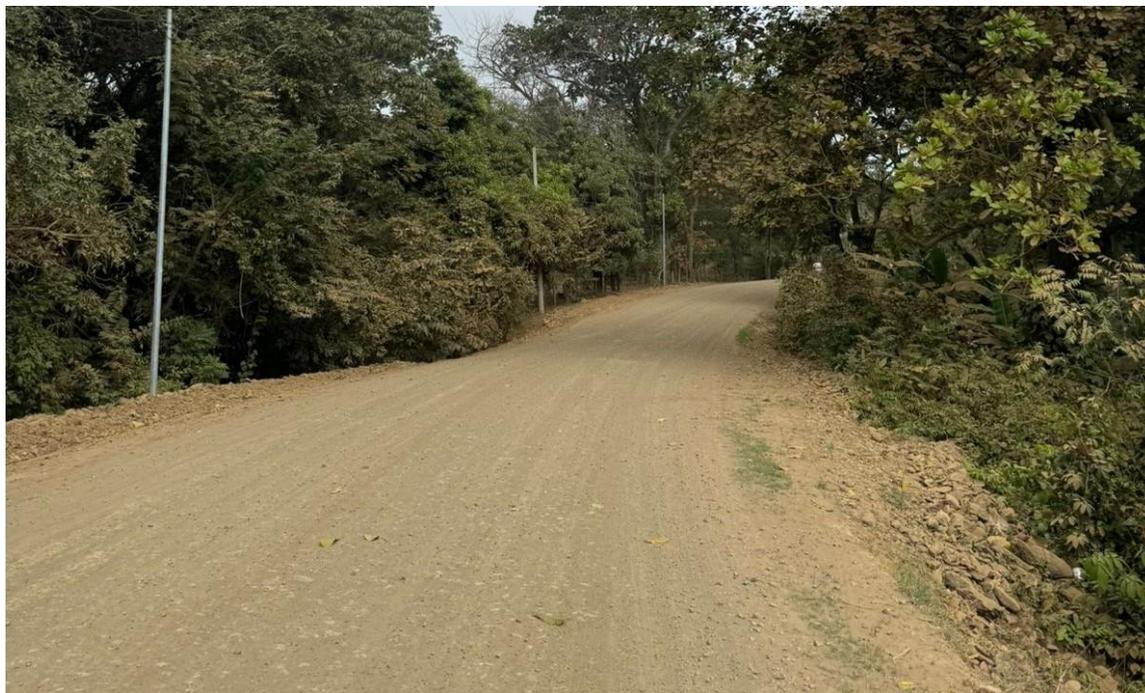
***Fuente:*** Elaboración propia

**Figura N° 23: Trayecto del tramo en estudio. Est: 0+350**



***Fuente:*** Elaboración propia

**Figura N° 24: Trayecto del tramo en estudio. Est: 1+750**



***Fuente:*** Elaboración propia

**Tabla N° 65: Formato de aforo vehicular**

Fecha de Conteo:				Sentidos:								Est.:		TOTAL	
PERIODO DE AFORO		MOTOS	VEHICULO DE PASAJERO					VEHICULO DE CARGA				EQUIPO PESADO			
			AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A		V.C
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
7:00	7:15														
7:15	7:30														
7:30	7:45														
7:45	8:00														
8:00	8:15														
8:15	8:30														
8:30	8:45														
8:45	9:00														
9:00	9:15														
9:15	9:30														
9:30	9:45														
9:45	10:00														
10:00	10:15														
10:15	10:30														
10:30	10:45														
10:45	11:00														
11:00	11:15														
11:15	11:30														

Fecha de Cuento:				Sentidos:								Est.:			
PERIODO DE AFORO		MOTOS	VEHICULO DE PASAJERO						VEHICULO DE CARGA				EQUIPO PESADO		TOTAL
			AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
11:30	11:45														
11:45	12:00														
12:00	12:15														
12:15	12:30														
12:30	12:45														
12:45	13:00														
13:00	13:15														
13:15	13:30														
13:30	13:45														
13:45	14:00														
14:00	14:15														
14:15	14:30														
14:30	14:45														
14:45	15:00														
15:00	15:15														
15:15	15:30														
15:30	15:45														
15:45	16:00														
16:00	16:15														

Fecha de Conteo:				Sentidos:								Est.:			
PERIODO DE AFORO		MOTOS	VEHICULO DE PASAJERO						VEHICULO DE CARGA				EQUIPO PESADO		TOTAL
			AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
16:15	16:30														
16:30	16:45														
16:45	17:00														
17:00	17:15														
17:15	17:30														
17:30	17:45														
17:45	18:00														
TOTAL															

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 66: Conteo vehicular día martes 14/03/2023**

Fecha de Conteo: martes 14/03/2023				Sentidos: ambos sentidos									Est.: 0+250		TOTAL
PERIODO DE AFORO		MOTOS	VEHICULO DE PASAJERO						VEHICULO DE CARGA				EQUIPO PESADO		
			AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
7:00	7:15	25	3	1	2	0	0	1	2	1	0	0	2	1	38
7:15	7:30	30	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	34
7:30	7:45	15	2	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	26
7:45	8:00	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8:00	8:15	23	3	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	30
8:15	8:30	62	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	67
8:30	8:45	23	4	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	30
8:45	9:00	29	0	1	5	0	0	1	0	0	1	0	0	0	37
9:00	9:15	12	5	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	20
9:15	9:30	43	3	3	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	53
9:30	9:45	27	2	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	38
9:45	10:00	23	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	25
10:00	10:15	34	3	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	40
10:15	10:30	21	3	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	29
10:30	10:45	35	3	1	0	0	0	1	3	0	1	0	0	0	44
10:45	11:00	41	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	45
11:00	11:15	50	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
11:15	11:30	46	2	0	6	0	0	0	5	0	0	1	0	1	61

Fecha de Conteo: martes 14/03/2023				Sentidos: ambos sentidos									Est.: 0+250		
PERIODO DE AFORO		MOTOS	VEHICULO DE PASAJERO						VEHICULO DE CARGA				EQUIPO PESADO		TOTAL
			AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
11:30	11:45	74	3	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	80
11:45	12:00	15	3	2	2	0	0	1	6	0	0	0	0	0	29
12:00	12:15	30	4	1	3	0	0	0	9	0	0	0	1	0	48
12:15	12:30	28	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
12:30	12:45	49	5	2	6	0	0	0	5	0	0	0	0	0	67
12:45	13:00	78	4	2	2	0	0	1	3	0	0	0	0	0	90
13:00	13:15	22	3	0	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	34
13:15	13:30	41	6	1	7	0	0	0	2	0	1	0	0	0	58
13:30	13:45	13	3	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	21
13:45	14:00	27	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	31
14:00	14:15	17	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
14:15	14:30	27	4	0	0	0	0	1	4	0	0	1	0	0	37
14:30	14:45	13	2	3	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	22
14:45	15:00	17	1	2	1	0	0	0	7	1	0	0	0	0	29
15:00	15:15	16	2	1	4	0	0	1	2	0	0	0	1	0	27
15:15	15:30	24	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	28
15:30	15:45	29	2	2	3	0	0	0	6	0	0	0	0	0	42
15:45	16:00	34	2	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	41
16:00	16:15	32	3	3	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	42

Fecha de Conteo: martes 14/03/2023				Sentidos: ambos sentidos									Est.: 0+250		
PERIODO DE AFORO		MOTOS	VEHICULO DE PASAJERO						VEHICULO DE CARGA				EQUIPO PESADO		TOTAL
			AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
16:15	16:30	30	1	0	0	0	0	1	3	0	0	0	1	0	36
16:30	16:45	31	5	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	40
16:45	17:00	11	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	16
17:00	17:15	14	3	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	25
17:15	17:30	38	2	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	46
17:30	17:45	10	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	17
17:45	18:00	13	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	20
TOTAL		1277	113	49	100	2	1	13	88	7	4	3	6	3	1666

**Fuente:** Elaborado por sustentante.

**Tabla N° 67: Conteo vehicular día miércoles 15/03/2023**

Fecha de Conteo: miércoles 15/03/2023		Sentidos: ambos sentidos											Est.: 0+250		
PERIODO DE AFORO		MOTOS	VEHICULO DE PASAJERO						VEHICULO DE CARGA				EQUIPO PESADO		TOTAL
			AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
7:00	7:15	25	2	1	2	0	0	1	2	1	0	0	1	1	36
7:15	7:30	15	1	2	0	1	0	1	2	1	0	0	0	0	23
7:30	7:45	15	2	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	26
7:45	8:00	17	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	22
8:00	8:15	23	3	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	32
8:15	8:30	62	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	67
8:30	8:45	23	4	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	31
8:45	9:00	29	0	1	5	0	0	1	0	0	1	0	0	0	37
9:00	9:15	12	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	17
9:15	9:30	13	3	3	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	23
9:30	9:45	27	2	3	3	0	0	0	3	0	0	0	0	1	39
9:45	10:00	30	1	0	4	1	0	1	2	1	0	0	0	0	40
10:00	10:15	21	3	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	27
10:15	10:30	35	3	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	43
10:30	10:45	26	3	1	0	0	0	1	3	0	1	0	1	0	36
10:45	11:00	41	0	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	46
11:00	11:15	55	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
11:15	11:30	46	2	0	6	1	0	0	5	0	0	1	0	1	62

Fecha de Conteo: miércoles 15/03/2023				Sentidos: ambos sentidos									Est.: 0+250		
PERIODO DE AFORO		MOTOS	VEHICULO DE PASAJERO						VEHICULO DE CARGA				EQUIPO PESADO		TOTAL
			AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
11:30	11:45	74	3	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	80
11:45	12:00	25	3	3	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	36
12:00	12:15	30	4	1	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	43
12:15	12:30	28	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	36
12:30	12:45	27	5	2	6	0	0	0	2	1	0	0	0	0	43
12:45	13:00	43	4	2	2	1	0	1	3	0	0	0	0	0	56
13:00	13:15	28	3	0	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	40
13:15	13:30	41	6	1	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	56
13:30	13:45	13	2	2	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	22
13:45	14:00	27	1	0	3	0	1	1	1	0	0	0	0	0	34
14:00	14:15	20	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	24
14:15	14:30	27	4	0	0	0	0	1	4	0	0	1	0	0	37
14:30	14:45	13	2	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	22
14:45	15:00	17	1	2	1	0	0	0	7	1	0	0	0	0	29
15:00	15:15	16	2	1	4	0	0	1	2	0	0	0	0	0	26
15:15	15:30	24	1	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	1	30
15:30	15:45	29	2	2	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	38
15:45	16:00	30	2	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	35
16:00	16:15	32	1	3	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	40
16:15	16:30	30	1	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	35

Fecha de Conteo: miércoles 15/03/2023		Sentidos: ambos sentidos											Est.: 0+250		
PERIODO DE AFORO		MOTOS	VEHICULO DE PASAJERO						VEHICULO DE CARGA				EQUIPO PESADO		TOTAL
			AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
16:30	16:45	31	5	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	40
16:45	17:00	30	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	35
17:00	17:15	23	3	0	6	0	0	0	2	0	0	0	1	0	35
17:15	17:30	38	2	2	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	48
17:30	17:45	15	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	22
17:45	18:00	29	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	35
TOTAL		1255	105	52	104	8	2	14	78	13	3	3	6	4	1647

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 68: Conteo vehicular día jueves 16/03/2023**

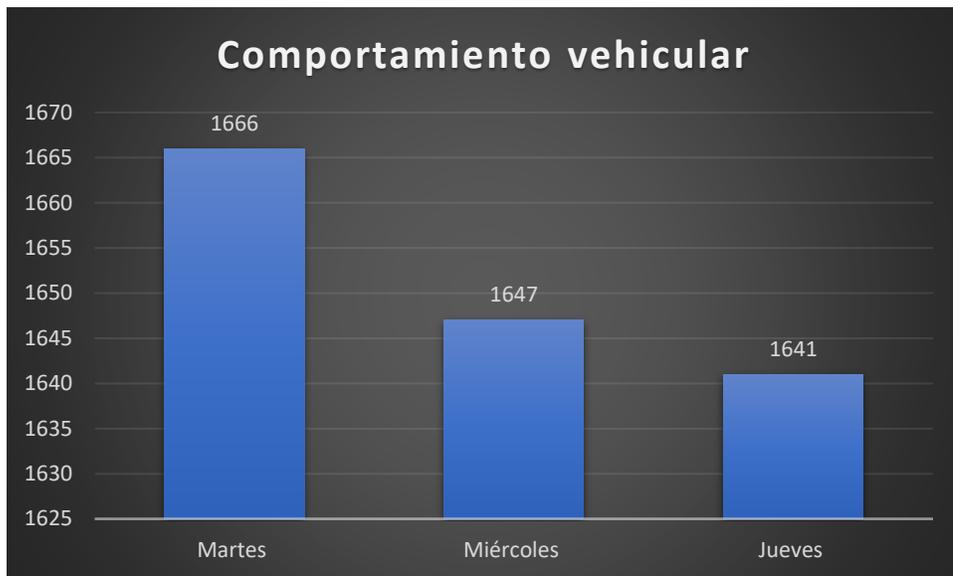
Fecha de Conteo: jueves 16/03/2023						Sentidos: ambos sentidos							Est.: 0+250		
PERIODO DE AFORO		MOTOS	VEHICULO DE PASAJERO						VEHICULO DE CARGA				EQUIPO PESADO		TOTAL
			AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
7:00	7:15	25	2	1	2	0	0	1	2	1	0	0	1	0	35
7:15	7:30	15	1	2	0	1	0	1	2	1	0	0	0	0	23
7:30	7:45	15	2	1	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	24
7:45	8:00	17	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	22
8:00	8:15	23	3	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	31
8:15	8:30	62	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	67
8:30	8:45	23	4	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	31
8:45	9:00	29	1	1	5	0	0	1	0	0	1	0	0	0	38
9:00	9:15	12	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	18
9:15	9:30	13	3	3	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	23
9:30	9:45	27	2	1	3	0	0	0	2	0	0	0	0	1	36
9:45	10:00	30	1	0	4	1	0	1	2	1	0	0	0	0	40
10:00	10:15	21	3	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	27
10:15	10:30	35	3	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	43
10:30	10:45	26	3	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	33
10:45	11:00	41	2	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	48
11:00	11:15	55	3	1	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	64
11:15	11:30	46	2	0	6	1	0	0	2	0	0	1	0	0	58

Fecha de Conteo: jueves 16/03/2023						Sentidos: ambos sentidos							Est.: 0+250		
PERIODO DE AFORO		MOTOS	VEHICULO DE PASAJERO						VEHICULO DE CARGA				EQUIPO PESADO		TOTAL
			AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
11:30	11:45	74	3	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	80
11:45	12:00	25	3	3	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	36
12:00	12:15	30	4	1	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	43
12:15	12:30	28	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
12:30	12:45	49	5	2	6	1	0	0	5	0	0	0	0	0	68
12:45	13:00	78	5	2	2	0	0	1	3	0	0	0	0	0	91
13:00	13:15	22	3	0	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	34
13:15	13:30	41	3	1	7	0	0	0	2	0	1	0	0	0	55
13:30	13:45	13	6	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	24
13:45	14:00	27	1	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	33
14:00	14:15	17	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	22
14:15	14:30	30	4	1	0	0	0	1	4	0	0	1	0	0	41
14:30	14:45	13	2	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	21
14:45	15:00	17	3	2	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	26
15:00	15:15	16	2	1	4	1	0	1	2	0	0	0	0	0	27
15:15	15:30	24	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	28
15:30	15:45	29	2	2	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	38
15:45	16:00	34	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	38
16:00	16:15	32	3	1	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	40
Fecha de Conteo: jueves 16/03/2023						Sentidos: ambos sentidos							Est.: 0+250		

PERIODO DE AFORO		MOTOS	VEHICULO DE PASAJERO						VEHICULO DE CARGA				EQUIPO PESADO		TOTAL
			AUTOS	JEEP	CAM.	McBUS	MnBUS	Bus	Liv.	C2	T2-S2	T3-S2	V.A	V.C	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.			
16:15	16:30	30	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	35
16:30	16:45	31	5	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	40
16:45	17:00	12	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	17
17:00	17:15	14	3	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	25
17:15	17:30	38	2	1	5	0	0	1	2	0	0	0	0	0	49
17:30	17:45	10	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	15
17:45	18:00	13	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	19
TOTAL		1262	115	45	104	10	2	14	69	11	3	3	2	1	1641

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Figura N°25: Comportamiento vehicular de los dias aforado (ambos sentidos)**



**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla N° 69: Tipología de vehículos usada para conteos clasificados**

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadriciclo, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con lina en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, <b>Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.</b>
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

**Fuente:** Anuario de Aforos de tráfico año 2020, MTI.

**Tabla N° 70: Factores equivalentes de carga para pavimento flexible, ejes simples, Pt= 2.0**

Carga p/eje (kips) <sup>6</sup>	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2.20	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4.41	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6.62	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8.82	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
9.92	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
11.02	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
12.12	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
14.33	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
17.64	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
19.84	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22.05	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
	113.	108.	97.	86.	81.	82.

**Fuente:** Manual Centroamericano para diseño de pavimento, SIECA 2002, capítulo 3, pág.6.

**Tabla N° 71: Factores equivalentes de carga para pavimento flexible, ejes tándem, Pt: 2.0**

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

**Fuente:** Manual Centroamericano para diseño de pavimento, SIECA 2002, capítulo 3, pág.7.

**Tabla N° 72: Diagrama de cargas permisibles de vehículos livianos y pasajeros**

Tipo de Vehículo	Peso por eje en TON	Peso por eje en Lb
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-12-30	4/8	8800/17600
C2-LIV	4/8	8800/17600
BUS = C2	5/10	11000/22000

**Fuente:** Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)

**Tabla N° 73: Diagrama de cargas permisibles de vehículos pesados**

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2 11		4.50	9.00					13.50
C3 12		5.00	16.00				21.00	
			8.00	8.00				
C4 Tx-Sx<4		5.00	20.00				25.00	
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1 Tx-Sx<4		5.00	9.00	9.00			23.00	
T2-S2 Tx-Sx<4		5.00	9.00	16.00			30.00	
				8.00	8.00			
T2-S3 Tx-Sx>5		5.00	9.00	20.00			34.00	
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1 Tx-Sx<4		5.00	16.00		9.00		30.00	
			8.00	8.00				
T3-S2 Cx-Rx<4		5.00	16.00		16.00		37.00	
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3 Cx-Rx>5		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2 Cx-Rx<4		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a		21.50	
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b		26.50	
C3-R2 Cx-Rx>5		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a	29.00	
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b	34.00	
C3-R3 Cx-Rx>5		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

**Fuente:** Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)

**Tabla N° 74: Clasificación de las carreteras**

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA(1)	NOMECLATURA	TPD(2) (AÑO FINAL DE DISEÑO)	Número de Carriles
ARTERIAL PRINCIPAL	AUTOPISTA	AA	>20,000	6-8
	ARTERIAL RURAL	AR	10,000-20,000	4-6
	ARTERIAL URBANA	AU	10,000-20,000	4-6
ARTERIAL MENOR	ARTERIAL MENOR RURAL	AMR	3,000-10,000	2
	ARTERIAL MENOR URBANA	AMU	3,000-10,000	2
COLECTOR MAYOR	COLECTOR MAYOR RURAL	CMR	10,000-20,000	4-6
	COLECTOR MAYOR URBANA	CMU	10,000-20,000	4-6
COLECTOR MENOR	COLECTOR MENOR RURAL	CR	500-3,000	2
	COLECTOR MENOR URBANA	CU	500-3,000	2
LOCAL	LOCAL RURAL	LR	100-500	2
	LOCAL URBANO	LU	100-500	2
	RURAL	R	<100	1-2

**Fuente:** Manual Centroamericano para diseño de pavimento, SIECA 2011, capítulo 1, pág.33.

**Tabla N° 75: Coordenadas de levantamiento topográfico.**

<b>Numero</b>	<b>Norte (m)</b>	<b>Este (m)</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Descripción</b>
1	1.262.497.886	626.754.557	96.112	BM1
2	1.262.498.148	626.750.771	93.853	TN
3	1.262.498.879	626.743.829	93.744	TN
4	1.262.516.910	626.752.715	93.938	TN
5	1.262.518.048	626.745.845	93.948	TN
6	1.262.541.567	626.757.446	93.911	TN
7	1.262.563.945	626.758.789	93.863	TN
8	1.262.564.469	626.749.413	93.855	TN
9	1.262.579.914	626.757.437	93.683	TN
10	1.262.580.927	626.747.988	94.136	TN
11	1.262.591.466	626.760.801	93.932	TN
12	1.262.592.355	626.750.690	93.849	TN
13	1.262.618.300	626.752.067	93.871	TN
14	1.262.641.426	626.763.741	93.899	TN
15	1.262.642.076	626.754.249	93.770	TN
16	1.262.664.737	626.762.782	93.812	TN
17	1.262.666.011	626.754.048	94.335	TN
18	1.262.688.374	626.767.038	94.810	TN
19	1.262.715.712	626.765.580	94.012	TN
20	1.262.717.101	626.756.857	94.613	TN
21	1.262.765.711	626.768.326	94.074	TN
22	1.262.767.291	626.757.568	94.212	TN
23	1.262.786.882	626.772.469	94.565	TN
24	1.262.787.937	626.762.201	94.148	TN
25	1.262.849.814	626.775.937	95.087	TN
26	1.262.850.616	626.764.715	95.101	TN
27	1.262.877.714	626.768.365	94.898	TN
28	1.262.900.989	626.780.757	95.605	TN
29	1.262.901.644	626.769.946	95.086	TN
30	1.262.901.893	626.768.276	95.545	TN
31	1.262.924.352	626.779.079	95.496	TN
32	1.262.925.457	626.769.946	96.038	TN
33	1.262.948.204	626.780.615	95.701	BM2
34	1.262.949.450	626.772.605	96.295	TN
35	1.262.968.247	626.786.401	96.862	TN
36	1.262.968.962	626.775.810	96.070	TN

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
37	1.262.987.156	626.783.442	96.383	TN
38	1.262.987.731	626.775.602	96.701	TN
39	1.263.005.366	626.776.718	96.766	TN
40	1.263.021.229	626.790.084	97.397	TN
41	1.263.023.111	626.779.668	96.851	TN
42	1.263.039.656	626.787.358	97.061	TN
43	1.263.040.034	626.778.379	97.701	TN
44	1.263.057.715	626.792.558	97.943	TN
45	1.263.059.009	626.781.534	97.394	TN
46	1.263.064.816	626.779.998	97.944	TN
47	1.263.065.426	626.788.815	97.530	TN
48	1.263.082.191	626.794.189	98.401	TN
49	1.263.084.381	626.783.152	97.811	TN
50	1.263.099.434	626.791.089	98.027	TN
51	1.263.100.763	626.782.139	98.670	TN
52	1.263.126.521	626.793.022	98.455	TN
53	1.263.127.444	626.784.093	98.995	TN
54	1.263.143.965	626.798.814	98.979	TN
55	1.263.146.776	626.787.580	98.759	TN
56	1.263.167.087	626.765.883	99.362	TN
57	1.263.175.643	626.790.227	99.165	TN
58	1.263.183.121	626.769.061	99.453	TN
59	1.263.195.059	626.802.049	99.698	TN
60	1.263.199.622	626.780.832	99.829	TN
61	1.263.215.009	626.788.904	99.947	TN
62	1.263.226.297	626.806.893	99.744	TN
63	1.263.235.187	626.809.838	99.812	TN
64	1.263.253.264	626.815.124	100.145	TN
65	1.263.259.241	626.805.150	100.377	TN
66	1.263.264.395	626.819.265	100.164	TN
67	1.263.270.729	626.809.006	100.607	TN
68	1.262.499.688	626.740.382	95.971	BM3
69	1.262.516.528	626.755.877	95.223	TN
70	1.262.541.820	626.754.690	93.876	TN
71	1.262.564.003	626.756.678	93.744	TN
72	1.262.564.377	626.747.188	94.234	TN
73	1.262.579.813	626.759.689	93.935	TN
74	1.262.580.768	626.750.314	93.806	TN
75	1.262.591.694	626.758.436	93.687	TN

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
76	1.262.592.480	626.748.666	94.105	TN
77	1.262.617.926	626.755.852	93.982	TN
78	1.262.641.614	626.761.472	93.634	TN
79	1.262.642.134	626.752.484	94.039	TN
80	1.262.664.030	626.765.579	93.644	TN
81	1.262.665.783	626.756.444	93.867	TN
82	1.262.688.627	626.763.999	93.954	TN
83	1.262.715.452	626.767.779	94.332	TN
84	1.262.716.769	626.758.819	94.046	TN
85	1.262.765.324	626.770.763	94.449	TN
86	1.262.767.278	626.759.101	94.234	TN
87	1.262.787.201	626.769.613	94.171	TN
88	1.262.788.151	626.760.435	94.447	TN
89	1.262.850.041	626.773.658	94.556	TN
90	1.262.850.634	626.763.357	94.738	TN
91	1.262.876.913	626.771.850	95.148	TN
92	1.262.901.202	626.777.332	95.172	TN
93	1.262.923.899	626.783.010	96.117	TN
94	1.262.925.147	626.772.020	95.446	TN
95	1.262.947.677	626.782.894	96.491	TN
96	1.262.949.197	626.774.325	95.803	TN
97	1.262.968.142	626.784.386	96.816	TN
98	1.262.968.885	626.773.837	96.807	TN
99	1.262.987.203	626.785.566	97.327	TN
100	1.262.987.435	626.777.557	96.348	TN
101	1.263.005.167	626.778.749	96.593	TN
102	1.263.021.711	626.788.241	97.361	TN
103	1.263.023.312	626.777.484	97.713	TN
104	1.263.039.641	626.789.432	97.714	TN
105	1.263.039.951	626.780.405	97.063	TN
106	1.263.058.279	626.790.289	97.887	TN
107	1.263.059.182	626.779.590	97.845	TN
108	1.263.064.694	626.782.004	97.508	TN
109	1.263.064.895	626.790.916	98.061	TN
110	1.263.082.745	626.792.105	98.244	TN
111	1.263.084.754	626.780.967	98.177	TN
112	1.263.098.902	626.793.093	98.681	TN
113	1.263.100.143	626.784.206	98.006	TN
114	1.263.125.886	626.794.933	99.136	TN

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
115	1.263.127.041	626.785.870	98.505	TN
116	1.263.144.534	626.796.638	99.174	TN
117	1.263.147.380	626.785.945	99.333	TN
118	1.263.168.404	626.763.913	99.422	TN
119	1.263.174.988	626.793.713	99.278	TN
120	1.263.181.902	626.771.251	99.560	TN
121	1.263.195.664	626.799.045	99.183	TN
122	1.263.200.795	626.778.746	99.784	TN
123	1.263.213.532	626.791.553	99.857	TN
124	1.263.266.580	626.817.571	100.328	TN
125	1.262.500.701	626.737.599	97.608	BM4
126	1.262.542.163	626.751.230	94.138	TN
127	1.262.566.435	626.744.346	94.010	TN
128	1.262.617.588	626.759.890	93.624	TN
129	1.262.688.766	626.760.829	94.127	TN
130	1.262.714.873	626.769.728	93.884	TN
131	1.262.766.880	626.760.775	94.020	TN
132	1.262.876.223	626.775.558	94.789	TN
133	1.262.947.195	626.785.267	96.339	TN
134	1.262.968.386	626.782.081	96.001	TN
135	1.262.987.127	626.787.175	98.176	TN
136	1.263.004.930	626.781.790	96.812	TN
137	1.263.022.146	626.785.787	96.794	TN
138	1.263.039.328	626.791.511	97.653	TN
139	1.263.058.675	626.788.313	97.400	TN
140	1.263.064.780	626.793.097	98.032	TN
141	1.263.083.199	626.789.860	97.770	TN
142	1.263.098.484	626.795.397	98.478	TN
143	1.263.125.773	626.797.217	99.111	TN
144	1.263.145.406	626.794.416	98.633	TN
145	1.263.170.050	626.761.938	99.343	TN
146	1.263.174.421	626.797.193	98.883	TN
147	1.263.180.200	626.773.002	99.535	TN
148	1.263.196.103	626.795.120	99.555	TN
149	1.263.212.491	626.794.295	99.653	TN
150	1.262.542.564	626.747.805	94.004	TN
151	1.262.617.142	626.762.361	93.947	TN
152	1.262.689.101	626.757.712	93.935	TN
153	1.262.875.808	626.778.946	95.292	TN

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
154	1.263.004.921	626.784.860	96.600	TN
155	1.263.058.700	626.788.329	97.388	TN
156	1.263.174.211	626.799.124	99.393	TN
157	1.263.196.154	626.792.290	99.475	TN
158	1.263.211.671	626.797.585	99.765	TN
159	1.262.542.625	626.745.816	94.403	TN
160	1.262.689.019	626.755.162	95.082	TN
161	1.263.004.908	626.787.088	97.262	TN
162	1.263.173.695	626.801.547	99.342	TN
163	1.263.210.955	626.801.646	99.371	TN
164	1.263.004.779	626.789.599	97.484	TN
165	1.263.210.068	626.804.589	99.829	TN
166	1.263.225.953	626.802.959	100.013	A
167	1.263.236.318	626.806.121	100.177	A
168	1.263.227.043	626.800.232	100.130	A1
169	1.263.237.309	626.803.410	100.257	A1
170	1.263.227.698	626.797.429	100.091	A2
171	1.263.237.913	626.800.490	100.174	A2
172	1.263.258.004	626.806.746	100.373	AD
173	1.263.268.760	626.816.072	100.448	AD
174	1.263.256.686	626.809.147	100.427	AD1
175	1.263.270.036	626.813.261	100.591	AD1
176	1.263.255.006	626.811.734	100.327	AD2
177	1.263.271.035	626.810.693	100.516	AD2
178	1.262.497.807	626.752.465	95.289	AR
179	1.262.513.655	626.741.888	95.655	AR
180	1.262.518.485	626.743.077	95.006	AR
181	1.262.540.114	626.745.411	94.401	AR
182	1.262.580.095	626.747.098	94.004	AR
183	1.262.622.378	626.763.765	93.713	AR
184	1.262.947.501	626.784.047	96.642	AR
185	1.263.185.291	626.800.970	99.628	AR
186	1.262.536.471	626.745.057	94.478	AR1
187	1.262.560.728	626.759.559	93.583	AR1
188	1.262.497.488	626.757.483	95.661	C
189	1.262.498.372	626.747.348	93.965	C
190	1.262.516.569	626.758.468	95.075	C
191	1.262.517.472	626.749.382	94.098	C
192	1.262.519.798	626.740.422	95.590	C

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
193	1.262.541.584	626.760.309	93.811	C
194	1.262.542.632	626.742.759	94.467	C
195	1.262.563.593	626.761.545	93.491	C
196	1.262.573.239	626.744.761	93.994	C
197	1.262.579.396	626.762.229	93.815	C
198	1.262.580.929	626.745.625	93.954	C
199	1.262.592.532	626.747.097	93.888	C
200	1.262.616.790	626.765.056	93.417	C
201	1.262.642.162	626.750.195	93.796	C
202	1.262.663.672	626.768.091	93.695	C
203	1.262.689.175	626.752.140	95.830	C
204	1.262.714.374	626.771.535	93.607	C
205	1.262.717.222	626.753.953	94.581	C
206	1.262.765.000	626.774.295	93.911	C
207	1.262.788.377	626.758.948	94.184	C
208	1.262.808.682	626.778.470	94.482	C
209	1.262.875.305	626.782.223	95.022	C
210	1.262.902.070	626.767.010	95.363	BM5
211	1.262.923.079	626.785.432	95.892	C
212	1.262.925.794	626.768.924	95.767	C
213	1.262.946.886	626.787.113	96.439	C
214	1.262.969.020	626.773.123	96.696	C
215	1.262.987.089	626.789.721	98.470	C
216	1.262.987.736	626.774.796	96.751	C
217	1.263.003.832	626.790.958	97.684	C
218	1.263.005.216	626.774.117	96.751	C
219	1.263.023.487	626.775.850	98.063	C
220	1.263.037.990	626.792.985	97.823	C
221	1.263.058.770	626.779.185	97.863	C
222	1.263.064.638	626.795.288	98.862	C
223	1.263.084.832	626.779.687	98.182	C
224	1.263.098.022	626.797.348	99.026	C
225	1.263.100.782	626.780.738	98.618	C
226	1.263.125.659	626.799.717	99.820	C
227	1.263.146.278	626.790.769	98.921	C
228	1.263.147.670	626.784.898	99.430	C
229	1.263.170.908	626.760.274	99.297	C
230	1.263.173.555	626.803.608	99.805	C
231	1.263.176.093	626.788.057	99.853	C

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
232	1.263.178.283	626.774.361	99.563	C
233	1.263.184.117	626.767.319	99.534	C
234	1.263.196.590	626.790.312	100.001	C
235	1.263.200.781	626.776.389	99.787	C
236	1.263.209.862	626.807.149	99.955	C
237	1.263.224.586	626.809.468	100.637	C
238	1.263.228.403	626.791.355	100.128	C
239	1.263.237.971	626.797.948	100.184	C
240	1.263.250.736	626.816.870	100.822	C
241	1.262.591.022	626.763.166	93.484	C1
242	1.262.618.619	626.749.386	94.050	C1
243	1.262.640.969	626.766.429	93.440	C1
244	1.262.666.141	626.751.211	94.031	C1
245	1.262.688.043	626.769.655	94.315	C1
246	1.262.849.590	626.779.372	94.519	C1
247	1.262.878.013	626.765.097	95.151	C1
248	1.262.900.957	626.784.008	95.398	C1
249	1.262.949.962	626.771.323	96.382	C1
250	1.262.968.410	626.788.968	96.842	C1
251	1.263.020.691	626.792.162	97.610	C1
252	1.263.039.732	626.777.284	97.717	C1
253	1.263.057.330	626.794.074	98.268	C1
254	1.263.065.370	626.779.519	98.010	C1
255	1.263.071.051	626.795.752	98.572	C1
256	1.263.127.630	626.783.268	99.068	C1
257	1.263.143.636	626.801.066	99.385	C1
258	1.263.165.574	626.767.515	99.434	C1
259	1.263.195.046	626.805.972	99.880	C1
260	1.263.197.327	626.784.548	99.790	C1
261	1.263.216.501	626.784.895	100.015	C1
262	1.263.234.393	626.811.574	100.679	C1
263	1.263.081.496	626.796.271	98.644	C2
264	1.262.786.349	626.775.658	93.906	CE
265	1.263.271.105	626.806.189	100.688	CER
266	1.263.260.502	626.803.375	100.461	CER1
267	1.262.564.263	626.752.872	93.995	E
268	1.262.580.374	626.753.818	93.990	E

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
269	1.262.591.980	626.754.578	94.035	E
270	1.262.641.809	626.757.806	93.941	E
271	1.262.665.282	626.759.854	94.035	E
272	1.262.716.239	626.762.185	94.239	E
273	1.262.766.177	626.764.353	94.265	E
274	1.262.787.632	626.766.283	94.340	E
275	1.262.850.243	626.769.843	94.826	E
276	1.262.901.480	626.773.861	95.414	E
277	1.262.924.852	626.775.187	95.680	E
278	1.262.948.506	626.777.338	95.932	E
279	1.262.968.786	626.778.707	96.223	BM6
280	1.262.987.304	626.780.607	96.528	E
281	1.263.022.487	626.782.922	97.016	E
282	1.263.039.568	626.783.943	97.274	E
283	1.263.058.984	626.785.009	97.642	E
284	1.263.065.411	626.785.750	97.717	E
285	1.263.083.927	626.786.601	98.042	E
286	1.263.099.878	626.787.582	98.270	E
287	1.263.126.767	626.789.597	98.699	E
288	1.262.850.640	626.766.341	94.640	E1
289	1.263.263.527	626.821.332	101.112	ESQ
290	1.262.743.532	626.755.970	94.109	PL
291	1.262.522.038	626.757.492	94.762	PL
292	1.262.522.968	626.741.200	95.239	PL
293	1.262.598.760	626.747.870	93.950	PL
294	1.262.642.029	626.750.948	94.125	PL
295	1.262.689.210	626.752.841	95.870	PL
296	1.262.782.205	626.759.542	94.412	PL
297	1.262.948.042	626.771.259	96.382	PL
298	1.263.027.431	626.777.056	98.043	PL
299	1.263.116.743	626.783.573	99.454	PL
300	1.263.197.006	626.775.233	99.682	PL
301	1.263.247.920	626.800.834	100.406	PL
302	1.262.533.359	626.759.665	93.983	PORTESC
303	1.262.536.920	626.759.978	93.915	PORTESC1
304	1.262.612.820	626.748.798	94.116	VAD
305	1.262.742.941	626.773.443	93.975	VAD
306	1.262.830.242	626.761.435	94.539	VAD
307	1.262.612.568	626.751.718	93.821	VAD1

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
308	1.262.745.465	626.770.014	94.217	VAD1
309	1.262.829.342	626.763.411	94.543	VAD1
310	1.262.744.947	626.763.168	94.067	VAD10
311	1.262.820.055	626.768.274	94.461	VAD10
312	1.262.742.833	626.767.011	93.932	VAD11
313	1.262.823.409	626.764.830	94.464	VAD11
314	1.262.741.891	626.768.843	93.869	VAD12
315	1.262.825.514	626.762.870	94.413	VAD12
316	1.262.741.005	626.771.184	93.547	VAD13
317	1.262.827.303	626.761.186	94.499	VAD13
318	1.262.739.284	626.773.342	93.509	VAD14
319	1.262.822.733	626.761.147	94.787	VAD14
320	1.262.735.121	626.772.939	93.763	VAD15
321	1.262.821.547	626.762.997	94.557	VAD15
322	1.262.736.098	626.769.564	94.386	VAD16
323	1.262.820.131	626.764.451	94.454	VAD16
324	1.262.736.910	626.767.003	93.981	VAD17
325	1.262.814.696	626.767.756	94.508	VAD17
326	1.262.738.706	626.762.900	94.176	VAD18
327	1.262.812.070	626.771.482	94.376	VAD18
328	1.262.740.763	626.759.198	94.029	VAD19
329	1.262.809.751	626.773.657	94.538	VAD19
330	1.262.611.856	626.755.431	93.809	VAD2
331	1.262.747.562	626.767.617	93.896	VAD2
332	1.262.828.354	626.764.705	94.458	VAD2
333	1.262.741.787	626.757.714	94.119	VAD20
334	1.262.808.546	626.775.446	94.884	VAD20
335	1.262.610.773	626.759.346	93.648	VAD3
336	1.262.750.219	626.763.683	94.192	VAD3
337	1.262.826.433	626.768.689	94.665	VAD3
338	1.262.610.399	626.761.923	93.945	VAD4
339	1.262.752.513	626.759.372	93.970	VAD4
340	1.262.825.176	626.773.055	94.476	VAD4
341	1.262.610.114	626.764.654	93.324	VAD5
342	1.262.753.362	626.758.009	94.222	VAD5
343	1.262.823.966	626.776.367	94.852	VAD5
344	1.262.754.095	626.756.653	94.222	VAD6
345	1.262.823.039	626.778.334	94.511	VAD6
346	1.262.748.837	626.756.370	94.457	VAD7

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
347	1.262.810.635	626.777.306	94.424	VAD7
348	1.262.748.361	626.758.377	94.062	VAD8
349	1.262.814.366	626.773.860	94.177	VAD8
350	1.262.747.803	626.759.654	94.024	VAD9
351	1.262.816.759	626.771.545	94.333	VAD9
352	1.262.452.677	626.736.334	94.300	NA
353	1.262.413.834	626.726.610	94.750	BM7
354	1.262.374.992	626.716.885	95.100	TN
355	1.262.335.987	626.707.120	95.440	TN
356	1.262.297.099	626.697.384	95.770	TN
357	1.262.258.197	626.687.645	96.050	TN
358	1.262.219.333	626.677.863	96.380	TN
359	1.262.180.473	626.668.134	96.780	TN
360	1.262.141.658	626.658.468	97.070	TN
361	1.262.102.856	626.648.754	97.400	TN
362	1.262.064.053	626.639.039	97.770	TN
363	1.262.025.251	626.629.325	98.050	TN
364	1.261.986.448	626.619.610	98.330	TN
365	1.261.947.665	626.609.819	98.710	TN
366	1.261.908.873	626.600.063	99.000	TN
367	1.261.870.041	626.590.467	99.330	TN
368	1.261.831.239	626.580.752	99.770	TN
369	1.261.792.436	626.571.038	99.990	TN
370	1.261.753.705	626.561.038	100.320	TN
371	1.261.714.831	626.551.609	100.710	TN
372	1.261.676.029	626.541.894	100.950	TN
373	1.261.637.329	626.531.770	101.200	TN
374	1.261.598.424	626.522.465	101.530	TN
375	1.261.559.745	626.512.258	101.780	TN
376	1.261.520.953	626.502.502	102.050	TN
377	1.261.482.161	626.492.746	102.370	TN
378	1.261.443.214	626.483.608	102.690	TN
379	1.261.409.526	626.474.479	102.950	TN
380	1.261.368.673	626.449.779	103.330	NA
381	1.261.335.102	626.429.482	103.710	NA
382	1.261.302.985	626.410.064	103.990	NA
383	1.261.261.474	626.389.312	104.050	NA
384	1.262.451.982	626.739.768	94.170	NA

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
385	1.262.451.087	626.744.183	94.450	TN
386	1.262.453.372	626.732.900	94.100	TN
387	1.262.454.465	626.728.535	94.500	TN
388	1.262.413.139	626.730.044	94.670	TN
389	1.262.412.245	626.734.459	94.500	TN
390	1.262.414.530	626.723.176	94.600	NA
391	1.262.415.623	626.718.811	94.300	NA
392	1.262.374.296	626.720.319	94.880	NA
393	1.262.373.402	626.724.734	94.800	NA
394	1.262.375.696	626.713.454	95.330	TN
395	1.262.376.789	626.709.088	95.050	TN
396	1.262.335.363	626.710.572	95.400	TN
397	1.262.334.560	626.715.010	95.300	TN
398	1.262.336.612	626.703.668	95.350	TN
399	1.262.337.415	626.699.231	95.270	TN
400	1.262.296.475	626.700.836	95.660	TN
401	1.262.295.672	626.705.274	95.530	TN
402	1.262.297.724	626.693.933	95.630	TN
403	1.262.298.617	626.689.517	95.880	TN
404	1.262.257.587	626.691.100	95.880	TN
405	1.262.256.784	626.695.538	95.670	TN
406	1.262.258.896	626.684.212	96.100	TN
407	1.262.259.796	626.679.798	96.230	TN
408	1.262.218.413	626.681.292	96.180	TN
409	1.262.217.320	626.685.658	96.070	TN
410	1.262.220.113	626.674.502	96.440	TN
411	1.262.221.206	626.670.137	96.570	TN
412	1.262.179.610	626.671.578	96.660	NA
413	1.262.178.518	626.675.943	96.540	NA
414	1.262.181.310	626.664.788	96.890	NA
415	1.262.182.403	626.660.422	96.940	NA
416	1.262.140.808	626.661.864	96.990	NA
417	1.262.139.715	626.666.229	96.840	NA
418	1.262.142.508	626.655.073	97.190	NA
419	1.262.143.601	626.650.708	97.270	NA

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
420	1.262.102.006	626.652.149	97.310	NA
421	1.262.100.913	626.656.514	97.220	NA
422	1.262.103.706	626.645.359	97.280	NA
423	1.262.104.798	626.640.993	97.350	NA
424	1.262.063.203	626.642.435	97.700	NA
426	1.262.062.110	626.646.800	97.550	NA
427	1.262.064.903	626.635.644	97.880	NA
428	1.262.065.996	626.631.279	97.770	NA
429	1.262.024.401	626.632.720	97.910	NA
430	1.262.023.308	626.637.085	98.100	NA
431	1.262.026.101	626.625.930	98.000	NA
432	1.262.027.194	626.621.564	97.890	NA
433	1.261.985.607	626.622.970	98.180	NA
434	1.261.984.514	626.627.335	98.250	NA
435	1.261.987.319	626.616.183	98.210	NA
436	1.261.988.417	626.611.819	98.150	NA
437	1.261.946.815	626.613.214	98.600	NA
438	1.261.945.722	626.617.579	98.750	NA
439	1.261.948.515	626.606.424	98.580	NA
440	1.261.949.613	626.602.059	98.410	NA
441	1.261.908.023	626.603.458	98.810	NA
442	1.261.906.930	626.607.823	98.900	NA
443	1.261.909.723	626.596.668	98.900	NA
444	1.261.910.821	626.592.303	98.710	NA
445	1.261.869.231	626.593.702	99.470	NA
446	1.261.868.138	626.598.067	99.520	NA
447	1.261.870.931	626.586.911	99.200	NA
448	1.261.872.029	626.582.547	99.030	NA
449	1.261.830.439	626.583.946	99.900	TN
450	1.261.829.346	626.588.311	100.100	TN
451	1.261.832.151	626.577.158	99.520	TN
452	1.261.833.249	626.572.794	99.500	TN
453	1.261.791.647	626.574.190	100.100	TN
454	1.261.790.554	626.578.555	100.210	TN
455	1.261.793.359	626.567.402	99.850	TN
456	1.261.794.457	626.563.038	99.700	TN
457	1.261.752.855	626.564.434	100.420	TN
458	1.261.751.762	626.568.799	100.550	TN
459	1.261.754.555	626.557.643	100.250	BM8

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
460	1.261.755.653	626.553.279	100.350	TN
461	1.261.714.063	626.554.678	100.910	TN
462	1.261.712.970	626.559.043	100.820	TN
463	1.261.715.775	626.547.890	100.560	TN
464	1.261.716.873	626.543.526	100.500	TN
465	1.261.675.271	626.544.922	100.900	TN
466	1.261.674.178	626.549.287	100.830	TN
467	1.261.676.971	626.538.131	100.850	TN
468	1.261.678.069	626.533.767	100.820	TN
469	1.261.636.479	626.535.165	101.000	TN
470	1.261.635.386	626.539.531	101.300	TN
471	1.261.638.191	626.528.378	101.130	TN
472	1.261.639.289	626.524.014	101.010	TN
473	1.261.597.687	626.525.409	101.200	TN
474	1.261.596.594	626.529.775	101.050	TN
475	1.261.599.387	626.518.619	101.850	NA
476	1.261.600.485	626.514.255	102.000	NA
477	1.261.558.895	626.515.653	101.830	NA
478	1.261.557.802	626.520.019	101.990	NA
479	1.261.560.595	626.508.863	101.660	NA
480	1.261.561.693	626.504.499	101.500	NA
481	1.261.520.103	626.505.897	102.130	NA
482	1.261.519.010	626.510.263	102.310	NA
483	1.261.521.815	626.499.110	102.210	NA
484	1.261.523.083	626.494.789	102.390	NA
485	1.261.481.311	626.496.141	102.440	NA
486	1.261.480.213	626.500.505	102.600	NA
487	1.261.483.011	626.489.351	102.230	NA
488	1.261.484.108	626.484.987	102.050	NA
489	1.261.442.519	626.486.385	102.600	NA
490	1.261.441.426	626.490.750	102.510	NA
491	1.261.444.231	626.479.598	102.770	NA
492	1.261.445.328	626.475.234	102.900	NA
493	1.261.408.164	626.477.745	102.760	TN
494	1.261.406.413	626.481.945	102.500	TN
495	1.261.410.889	626.471.212	102.800	TN
496	1.261.412.640	626.467.013	102.730	TN
497	1.261.366.871	626.452.780	103.070	TN
498	1.261.364.767	626.456.766	103.280	TN

Numero	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)	Descripción
499	1.261.370.717	626.446.925	103.590	TN
500	1.261.373.045	626.443.074	103.670	TN
501	1.261.333.109	626.432.367	103.500	TN
502	1.261.330.780	626.436.218	103.450	TN
503	1.261.337.049	626.426.569	103.900	TN
504	1.261.339.378	626.422.718	103.100	TN
505	1.261.301.295	626.413.132	104.100	TN
507	1.261.299.121	626.417.076	104.220	NA
508	1.261.305.071	626.407.235	103.700	NA
509	1.261.307.399	626.403.384	103.450	NA
510	1.261.259.909	626.392.443	104.250	NA
511	1.261.257.897	626.396.468	104.330	NA
512	1.261.263.039	626.386.182	104.320	NA
513	1.261.265.051	626.382.157	104.500	BM9

**Fuente:** Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 76: Salarios mínimos en Nicaragua**

Sector de actividad económica	Vigente a partir del primero de marzo de 2023 al 29 de febrero del 2024	
	Porcentaje	Mensual
Agropecuario	10%	C\$ 5,196.34
Pesca	10%	C\$ 7,901.21
Minas y canteras	10%	C\$ 9,332.44
Industria manufacturera	10%	C\$ 6,987.06
Industria sujeta al régimen especial 2/	8%	C\$ 8,098.46
Micro Y pequeña industria artesanal y turística nacional	10%	C\$ 5,474.77
Electricidad, agua, gas; comercio, restaurantes, hoteles; transporte, almacenamiento y comunicaciones	10%	C\$ 9,531.14
Construcción, Establecimientos financieros y seguros	10%	C\$ 11,628.95
Servicios comunales, sociales y personales	10%	C\$ 7,284.71
Gobierno central y municipal	10%	C\$ 6,480.04

**Fuente:** Comisión nacional del salario mínimo- acta 01-CNSM 23/02/2023

**Tabla N° 77: Proporciónamiento de mezcla para concretos convencionales.**

<b>Proporciones por volúmenes para concretos convencionales</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Proporción volumétrica</b>	<b>Bolsas de cemento</b>	<b>arena m3</b>	<b>Grava m3</b>	<b>agua. Litros</b>
Alta resistencia f'c=300 kg/cm <sup>2</sup>	1:1.5:1.5	12.5	0.53	0.53	253
Columnas y techos f'c=245 kg/cm <sup>2</sup>	1:1.5:2.5	10	0.43	0.71	215
Losas y zapatas f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	1:2:2	9.5	0.55	0.55	225
Muros f'c=195 kg/cm <sup>2</sup>	1:2:2.5	9	0.51	0.65	205
Cascotes y piso f'c=165 kg/cm <sup>2</sup>	1:2:3	8.5	0.47	0.71	200

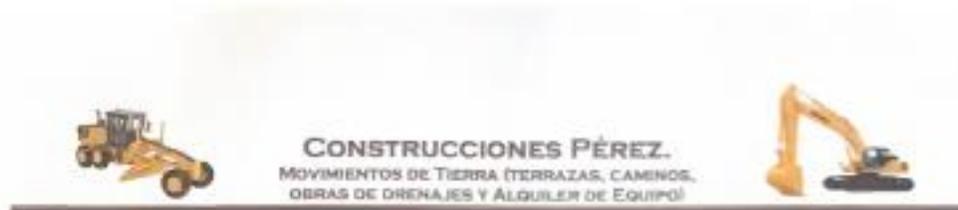
**Fuente:** Cartilla de la construcción 2011. Pag 162.

**Tabla N° 78: Secciones típicas de prefabricados**



**Fuente:** Catálogo de productos agrenic.

**Tabla N° 79: Cotización de renta de equipos**



Rivas, 31 de julio 2023.

**PROFORMA**

Renta de Maquinaria pesada para Diseño de pavimento articulado 2km tramo Rivas – La chocolata.

N°	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	COSTOS UNITARIOS	COSTOS TOTALES
1	Back Hoe Caterpillar 420F turbado serie LT 601067	hrs	42	\$ 45,00	\$ 1.890,00
2	Tractor Caterpillar D6T-D5	hrs	72	\$ 110,00	\$ 7.920,00
3	Camion Volquete Mack RD-690S	hrs	336	\$ 45,00	\$ 15.120,00
4	Motoniveladora Caterpillar 140K	hrs	48	\$ 85,00	\$ 4.080,00
5	Camion Volquete DT 466E Internacional	hrs	144	\$ 45,00	\$ 6.480,00
6	Excavadora Hyundai 220LC-95	hrs	72	\$ 85,00	\$ 6.120,00
7	Sistema Ford 3000 galones	hrs	144	\$ 18,75	\$ 2.700,00
8	Vibro Compactadora Caterpillar CS 563-D (12 Toneladas)	hrs	36	\$ 65,00	\$ 2.340,00
9	Movilizacion sobre low boy de Tractor Caterpillar D6T-D5	gbl	1	\$ 800,00	\$ 800,00
10	Movilizacion sobre low boy de Excavadora Hyundai 220LC-95	gbl	1	\$ 600,00	\$ 600,00
11	Movilizacion sobre low boy de Vibro Compactadora Caterpillar CS 563-D (12 Toneladas)	gbl	1	\$ 300,00	\$ 300,00
<b>GRAN TOTAL</b>					<b>\$ 48.350,00</b>

**Nota:**

1. Se realizará el cobro de 4 horas minimas diario.
2. Costo unitario incluye: combustible, salario operador y prestaciones sociales.

*J. Miguel Pérez*

José Miguel Pérez Méndez  
Gerente Propietario  
Construcciones Pérez



De la agencia Hija Cola 50 mts suroeste, Calle Amie, Rivas, 09124536 - 06773957.

**Fuente: Constructora Pérez.**

**Tabla N° 80: Cotización de materiales varios 1.**

**PINTURA MODELO, S.A.**

RUC: J031000009074  
Carretera a Masaya Km 13 1/2 Managua  
Teléfono: 22768090



FECHA DE OFERTA: 03/08/2023

**FACTURA PROFORMA**

No. 250022732

CLIENTE: MULTI INVERSIONES INMOBILIARIAS S.A.  
RUC: J0310000083061  
DIRECCIÓN: CIUDAD CIUDAD NI

ENVIAR A: CIUDAD CIUDAD Nicaragua

CREDITO 000	VIA DE PAGO 4	CLIENTE 310000115	ORD. COMPRA COTIZACION	VENDEDOR 170000416	PEDIDO 250022732	RUTA
----------------	------------------	----------------------	---------------------------	-----------------------	---------------------	------

DESCRIPCION	COD. ANTERIOR	CODIGO	CANT.	UN	P/U	TOTAL
TRAFFIC AMARILLO	5-2003	12000-0003-05	17.00	UN	10,743.1900 NIO	182,634.23 NIO
SOLVENTE MINERAL /CLAS/ GALON C/E	244121-01	601-2441021-01	17.00	UN	326.3700 NIO	5,548.29 NIO
BROCHA ELITE (C) 2 IN	000305-20	00-0000305-20	20.00	UN	40.6000 NIO	812.00 NIO
BANDEJA EXPERT PLASTICA REPRO	006010-01	05-0006010-01	10.00	UN	63.9300 NIO	639.30 NIO
MANERAL EXPERT STANDARD 3 IN	005000-02	02-0005000-02	10.00	UN	40.0000 NIO	400.00 NIO
FELPA EXPERT STANDARD 3 IN X 3/8	004030-01	01-0004030-01	50.00	UN	16.0200 NIO	801.00 NIO

OFERTA VÁLIDA HASTA EL 31/08/2023

SUBTOTAL	190,834.82 NIO
DESCUENTO	82,185.40 NIO
I.V.A.	16,297.41 NIO
TOTAL	124,946.83 NIO

NOMBRE Y FIRMA DEL CLIENTE

CEDULA DEL CLIENTE

FECHA DE RECEPCION

**Fuente:** Proforma pintura MODELO S.A.

## Tabla N° 81: Cotización de materiales varios 2.

OVO -VENTAS ONLLINE

Código / Cliente: 0240145588 / MULTI-INVERSIONES INMOBILIARIA SA Fecha: 03.08.2023  
 Dirección: MANAGUA, 4000167, MANAGUA, NICARAGUA Asesor de Ventas: Perez Steven Alberto  
 Teléfono: 2271-2039 Condición de Pago: CONTADO  
 Doc. De Identidad: J0310000083061

CANTIDAD	UNIDAD	CÓDIGO	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
3,860.00	UN	40584	HO CORRUGADO 3/8" X 6 MTS G40 (9.5MM)	142.27000	549,162.20
3,954.00	LB	40773	ALAMBRE 18 AMARRE	27.00000	106,758.00
DOCUMENTO NO VALIDO PARA DESPACHO					
CONDICIONES DE OFERTA:				SUB TOTAL	C\$ 655,920.20
				IVA 15%	C\$ 98,388.03
				TOTAL	C\$ 754,308.23

**Fuente:** Proforma Ferromax, S.A.

## Tabla N° 82: Cotización de materiales Varios 3



**FERROCON**  
 KM.15 CARRETERA N. LEON 616-300576-0000X  
 Teléfonos 8108-4802/  
 RUC: 6163005760000X

### COTIZACION

Cliente: Cristian Martinez	No.Docu.: 0000003966
Dirección:	Fecha: 20/10/2023
Teléfono:	Vendedor: INVENTARIO .

Código	Nombre	U/M	Unidades	Precio	Total
CHOLCIM	CEMENTO HOLCIM		3,936.00	442.00	*****
1	ARENA X LATA		55,850.00	15.00	837,750.00
C1	CLAVO 1"		2.00	48.00	96.00
00C25	CLAVO 2.5"		1,000.00	38.16	38,160.50
7506240635567	NYLON PRETUL 1.00MM X 100MTS 270		40.00	120.00	4,800.00
PL34	LAMINA PLYWOOD 3/4"		451.00	2,035.00	917,785.00
HC3895MM	HIERRO CORRUG. 3/8" (9.5MM) STD 14		6,485.00	160.59	*****
AQ1001	ALAMBRE DE AMARRE		3,954.00	38.00	150,252.00
7431003710048	DILUYENTE GALON		17.00	350.00	5,950.00
AT3155	BROCHA ATLAS 2" ROJA		20.00	70.00	1,400.00
610P	BANDEJAP/PINTAR ATLAS PROFESION		10.00	115.00	1,150.00
769409200120	MANERAL 3" EXPERT NEGRO		10.00	65.00	650.00
769409168000	FELPA 3" EXPERT		50.00	50.00	2,500.00
C2X2X16	MADERA CUARTON 2X2X6 (5.33)		13,522.21	46.00	622,040.59
R1X3X16	MADERA REGLA 1X3X6 (4)		2,672.00	43.00	114,896.00
FDC10001	FAST DRY MOD. CUB. NEGRO		17.00	5,100.00	86,700.00
P003	PIEDRIN 1/2" X LATA CLASE A		13,850.00	27.00	373,950.00

**Fuente:** Cotización Ferrocon.

**Tabla N° 83: Factura de compra de arena natura**

FACTURA DE COMPRA #72179

ID #2261

Bodega:	BODEGACENTRAL	TC: 36.4679
Proveedor:	Arenas Nacionales, S.A.	Exonerada?: No
RUC del Proveedor:	J0310000002835	
Concepto (Breve):	Compras de bienes	
Concepto (Detalle):	Bordillo de calle y bahía / subestación la Esperanza.	
Fecha:	27-07-2023	
Fecha de expiración:	26-08-2023	
Centro de Costo:	0010102 SE LA ESPERANZA	
Tipo de Moneda:	C\$	
Tipo de Factura:	CREDITO	
Elaborado por:	_____	Revisado por: _____
		Autorizado por: _____

CUENTA	NOMBRE DE LA CUENTA	DEBE	HABER
1-1-07-01-001-0001	IVA 15% Acreditable	1,119.20	
2-1-01-01-001-0013	Arenas Nacionales, S.A.		8,580.50
1-1-08-01-001-0000	Bodega Local	7,461.30	
<b>TOTAL C\$</b>		<b>8,580.50</b>	<b>8,580.50</b>

N°	Cantidad	Producto	Costo Promedio	Precio de Compra	Descuento S/Compra	Total
1	30.00	M-00018 - Arena Motastepe	C\$419.70	C\$ 248.71	%	7,461.30
<b>TOTAL C\$</b>						<b>7,461.30</b>

**Fuente:** Atención al cliente Arenas Nacionales S.A.

**Tabla N° 84: Factura de compra de grava**

**FACTURA DE COMPRA #307962**

**ID #2254**

Bodega:	BODEGACENTRAL	TC: 36.459
Proveedor:	Agrenic	Exonerada?: No
RUC del Proveedor:	J0310000004889	
Concepto (Breve):	Compras de bienes	
Concepto (Detalle):	Materiales para EDC Y Bordillo de calle y bahía / subestación La Esperanza.	
Fecha:	18-07-2023	
Fecha de expiración:	18-07-2023	
Centro de Costo:	0010102 SE LA ESPERANZA	
Tipo de Moneda:	USD	
Tipo de Factura:	CREDITO	
Elaborado por:	_____	Revisado por: _____
		Autorizado por: _____

CUENTA	NOMBRE DE LA CUENTA	DEBE	HABER
1-1-07-01-001-0001	IVA 15% Acreditable	2,069.05	
2-1-01-08-002-0004	Proveedores Varios		15,861.49
1-1-08-01-001-0000	Bodega Local	13,792.44	
<b>TOTAL CS</b>		<b>15,861.49</b>	<b>15,861.49</b>

N°	Cantidad	Producto	Costo Promedio	Precio de Compra	Descuento S/Compra	Total
1	30.00	M-01099 - Grava Proinco 3/4	C\$459.05	USD 12.61	%	378.30
<b>TOTAL USD</b>						<b>378.30</b>

**Fuente: Atención al cliente PROINCO.**

**Tabla N° 85: Cotización de equipos BM**

FECHA			 <b>BM CONSTRUCCIONES</b>	
Día	Mes	Año		
26	enero	2024		
			<b>PROFORMA. 5122</b>	
Cliente :				
contacto				
Proyecto :				
<b>facturar a nombre HUPA INBESMEN S,A</b>				
Cantidad	Descripción		precio unit	Total
27	Dia de renta de 1 plancha vibratoria		\$ 17 . 00	\$ 459 . 00
7	Dias de renta de 1 compresor para pintar		\$ 15 . 00	\$ 105 . 00
Nota : Elaborar ck a nombre de Bismarck Murilo Montes. Dudas o comentarios llamar a los numeros 57006521 - 81743222 con Arles centeno asesor de ventas.			total	\$ 564 . 00
			iva	84 . 60
			<b>Total</b>	<b>\$ 648 . 60</b>

Fuente: BM CONTRUCCIONES

Tabla N° 86: Proforma Adoquín

**TRANSPORTE ESPINOZA**  
 Poniéndose a su entera disposición en Materiales de Construcción:  
 Arena, Piedra, Cemento, Material Selecto, Hormigón, Piedra  
 Cantera, Tierra Vegetal y Movimiento de Tierra, Renta de Bobcat

Dir.: Semáforo Antiguo Hospital  
 Vélez Paiz, 1c. al lado, 2c. abajo.  
 en la Cancha Managua, Nic.

Propietarios: **Diomar Espinoza y José Lorenzo Espinoza**

Cel.: 8807-4022  
 8402-2982  
 8875-2136  
 8547-9580

**FACTURA** N° 1730

DÍA	MES	AÑO
29	01	21

CLIENTE: *Hupa Invesmet S.a.*

DIRECCIÓN: *Proforma*

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	TOTAL
	Cemento Holcim		
	Cemento Canal		
	Arena Mts		
	Piedrin Mts		
	Piedra Cantera		
	Arenilla de Playa Mts.		
	Cal		
	Material Selecto Mts.		
	Tierra Mts.		
	Escombros Mts.		
	Bloque 4"		
	Bloque 6"		
	Transporte		
<i>20000</i>	<i>Santa Cruz</i>	<i>19.50</i>	<i>390'000</i>
<i>8000</i>	<i>medio Adoquin.</i>	<i>9.50</i>	<i>76'000</i>
<b>CUOTA FIJA</b>			
		<b>TOTAL CS</b>	<b><i>466'000</i></b>

20B. 100H. # 0001 - 2,000 04/21

GRACIAS POR SUS COMPRAS • NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES

Recibí Conforme \_\_\_\_\_

Entregué Conforme \_\_\_\_\_

Fuente: Transporte Espinoza.

**Tabla N° 87: Resumen total de corte y relleno**

TABLA DE							
CORTE Y RELLENO							
ESTACIÓN	AREA RELLENO (m <sup>2</sup> )	ÁREA CORTE (m <sup>2</sup> )	VOL. RELLENO (m <sup>3</sup> )	VOL. CORTE (m <sup>3</sup> )	VOL. ACUMULADO RELLENO (m <sup>3</sup> )	VOL. ACUMULADO CORTE (m <sup>3</sup> )	VOL. NETO ACUMULADO (m <sup>3</sup> )
0+000.00	0.00	4.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	4.66	0.00	88.45	0.00	88.45	88.45
0+040.00	0.00	4.77	0.00	94.36	0.00	182.81	182.81
0+060.00	0.00	5.76	0.00	105.31	0.00	288.12	288.12
0+080.00	0.00	6.38	0.00	121.32	0.00	409.44	409.44
0+100.00	0.00	7.55	0.00	139.25	0.00	548.69	548.69
0+120.00	0.00	6.43	0.01	139.81	0.01	688.50	688.49
0+140.00	0.00	5.55	0.01	119.81	0.01	808.31	808.30
0+160.00	0.00	4.91	0.00	104.57	0.01	912.88	912.86
0+180.00	0.00	4.60	0.00	95.11	0.01	1007.99	1007.97
0+200.00	0.00	3.82	0.00	84.26	0.01	1092.25	1092.24
0+220.00	0.00	6.38	0.00	102.04	0.01	1194.29	1194.27
0+240.00	0.03	4.54	0.33	109.21	0.35	1303.50	1303.15
0+260.00	0.11	3.51	1.42	80.51	1.76	1384.00	1382.24
0+280.00	0.03	3.52	1.39	70.35	3.16	1454.35	1451.19
0+300.00	0.00	2.79	0.31	63.19	3.47	1517.54	1514.08
0+320.00	0.00	2.57	0.02	53.61	3.49	1571.16	1567.67
0+340.00	0.02	2.76	0.20	53.24	3.69	1624.40	1620.71
0+360.00	0.01	2.86	0.26	56.14	3.95	1680.53	1676.58
0+380.00	0.00	2.11	0.08	49.67	4.02	1730.20	1726.18
0+400.00	0.30	0.85	2.98	29.63	7.00	1759.83	1752.82
0+420.00	0.02	1.93	3.13	27.84	10.14	1787.67	1777.53
0+440.00	0.38	0.69	3.92	26.26	14.06	1813.93	1799.88
0+460.00	0.42	0.12	7.93	8.15	21.99	1822.09	1800.10
0+480.00	0.37	1.25	7.82	13.75	29.81	1835.83	1806.02
0+500.00	0.15	0.69	5.13	19.47	34.94	1855.30	1820.36
0+520.00	0.01	2.06	1.59	27.57	36.53	1882.88	1846.34
0+540.00	0.01	2.07	0.24	41.30	36.77	1924.18	1887.41
0+560.00	0.38	0.50	3.91	25.64	40.68	1949.82	1909.14
0+580.00	0.22	0.22	6.02	7.23	46.70	1957.05	1910.35
0+600.00	0.21	0.89	4.36	11.18	51.06	1968.23	1917.17
0+620.00	0.20	0.78	4.13	16.71	55.19	1984.94	1929.75

TABLA DE CORTE Y RELLENO							
ESTACIÓN	AREA RELLENO (m <sup>2</sup> )	ÁREA CORTE (m <sup>2</sup> )	VOL. RELLENO (m <sup>3</sup> )	VOL. CORTE (m <sup>3</sup> )	VOL. ACUMULADO RELLENO (m <sup>3</sup> )	VOL. ACUMULADO CORTE (m <sup>3</sup> )	VOL. NETO ACUMULADO (m <sup>3</sup> )
0+640.00	0.08	1.28	2.83	20.55	58.02	2005.49	1947.47
0+660.00	0.05	1.31	1.36	25.84	59.38	2031.33	1971.95
0+680.00	0.00	5.05	0.52	63.53	59.90	2094.86	2034.96
0+700.00	0.00	9.18	0.00	142.22	59.90	2237.07	2177.17
0+720.00	0.18	6.51	1.72	158.35	61.62	2395.42	2333.80
0+740.00	0.03	2.85	2.08	94.39	63.69	2489.81	2426.12
0+760.00	0.00	0.99	0.37	38.39	64.07	2528.20	2464.13
0+780.00	0.00	1.17	0.04	21.61	64.11	2549.81	2485.70
0+800.00	0.00	1.80	0.00	29.75	64.11	2579.56	2515.46
0+820.00	0.00	1.89	0.00	36.89	64.11	2616.46	2552.35
0+840.00	0.00	2.62	0.00	45.08	64.11	2661.53	2597.42
0+860.00	0.00	2.77	0.00	53.86	64.11	2715.40	2651.28
0+880.00	0.00	2.16	0.00	49.27	64.12	2764.67	2700.55
0+900.00	0.00	1.74	0.00	38.98	64.12	2803.65	2739.53
0+920.00	0.00	1.41	0.00	31.44	64.12	2835.09	2770.97
0+940.00	0.00	1.05	0.00	24.59	64.12	2859.67	2795.56
0+960.00	0.07	0.96	0.72	20.10	64.84	2879.78	2814.94
0+980.00	0.13	0.90	2.05	18.53	66.89	2898.31	2831.42
1+000.00	0.24	0.83	3.70	17.23	70.59	2915.54	2844.96
1+020.00	0.11	0.97	3.44	17.97	74.03	2933.51	2859.48
1+040.00	0.00	1.68	1.08	26.45	75.10	2959.96	2884.86
1+060.00	0.00	1.35	0.00	30.28	75.10	2990.24	2915.14
1+080.00	0.00	1.20	0.00	25.50	75.10	3015.74	2940.64
1+100.00	0.00	0.75	0.00	19.44	75.10	3035.19	2960.08
1+120.00	0.00	0.34	0.00	10.89	75.10	3046.07	2970.97
1+140.00	0.00	0.76	0.00	11.06	75.10	3057.13	2982.02
1+160.00	0.00	1.27	0.00	20.36	75.10	3077.49	3002.39
1+180.00	0.00	0.91	0.00	21.82	75.10	3099.31	3024.20
1+200.00	0.06	0.29	0.60	11.94	75.70	3111.25	3035.54
1+220.00	0.34	0.00	3.97	2.85	79.68	3114.10	3034.42
1+240.00	0.76	0.00	10.97	0.00	90.65	3114.10	3023.45
1+260.00	0.60	0.00	13.63	0.00	104.28	3114.10	3009.82
1+280.00	0.38	0.01	9.78	0.15	114.06	3114.25	3000.19
1+300.00	0.66	0.00	10.33	0.15	124.39	3114.39	2990.00
1+320.00	1.00	0.00	16.54	0.00	140.93	3114.39	2973.46

TABLA DE CORTE Y RELLENO							
ESTACIÓN	AREA	ÁREA	VOL.	VOL.	VOL.	VOL.	VOL. NETO
	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	ACUMULADO RELLENO	ACUMULADO CORTE	ACUMULADO
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
1+340.00	0.85	0.00	18.47	0.00	159.40	3114.39	2955.00
1+360.00	0.62	0.33	14.75	3.35	174.15	3117.74	2943.59
1+380.00	0.58	0.71	12.01	10.48	186.15	3128.22	2942.06
1+400.00	0.47	0.97	10.44	16.81	196.60	3145.02	2948.43
1+420.00	0.45	0.70	9.22	16.66	205.81	3161.69	2955.87
1+440.00	0.68	0.39	11.31	10.88	217.12	3172.57	2955.45
1+460.00	0.73	0.31	14.09	7.00	231.21	3179.57	2948.36
1+480.00	0.58	0.28	13.10	5.90	244.31	3185.47	2941.16
1+500.00	0.40	0.41	9.80	6.95	254.12	3192.42	2938.31
1+520.00	0.20	0.90	6.00	13.10	260.12	3205.53	2945.41
1+540.00	0.14	0.55	3.34	14.50	263.46	3220.03	2956.57
1+560.00	0.13	0.10	2.67	6.54	266.13	3226.57	2960.44
1+580.00	0.32	0.06	4.52	1.60	270.65	3228.17	2957.52
1+600.00	0.54	0.00	8.65	0.62	279.30	3228.79	2949.50
1+620.00	0.64	0.65	11.84	6.51	291.14	3235.30	2944.16
1+640.00	0.75	1.87	13.90	25.16	305.04	3260.46	2955.42
1+660.00	0.12	1.62	8.68	34.89	313.72	3295.35	2981.63
1+680.00	0.00	0.77	1.18	23.97	314.90	3319.32	3004.42
1+700.00	0.00	1.18	0.00	19.59	314.90	3338.91	3024.01
1+720.00	0.00	1.67	0.00	28.55	314.90	3367.47	3052.57
1+740.00	0.00	1.31	0.00	29.77	314.90	3397.24	3082.34
1+760.00	0.00	1.15	0.00	24.52	314.90	3421.76	3106.86
1+780.00	0.00	1.44	0.00	25.88	314.90	3447.64	3132.73
1+800.00	0.00	1.79	0.00	32.35	314.90	3479.98	3165.08
1+820.00	0.00	1.32	0.00	31.15	314.90	3511.13	3196.23
1+840.00	0.00	0.99	0.00	23.01	314.90	3534.14	3219.24
1+860.00	0.00	1.97	0.00	29.47	314.90	3563.61	3248.71
1+880.00	0.00	2.94	0.00	49.13	314.91	3612.74	3297.83
1+900.00	0.00	3.50	0.00	64.33	314.91	3677.08	3362.17
1+920.00	0.00	4.22	0.00	77.12	314.91	3754.19	3439.28
1+940.00	0.00	5.16	0.00	93.81	314.91	3848.00	3533.09
1+960.00	0.00	6.33	0.00	114.92	314.91	3962.92	3648.01
1+980.00	0.00	7.25	0.00	135.78	314.91	4098.70	3783.79

TABLA DE CORTE Y RELLENO							
ESTACIÓN	AREA	ÁREA	VOL.	VOL.	VOL.	VOL.	VOL. NETO
	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	ACUMULADO	ACUMULADO	ACUMULADO
	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	RELLENO (m <sup>3</sup> )	CORTE (m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
2+000.00	0.00	6.80	0.00	140.50	314.91	4239.19	3924.29
2+008.46	0.00	6.54	0.00	56.39	314.91	4295.58	3980.67

Fuente: Elaborado por sustentantes.

**Tabla N° 88: Volumen de capa de arena**

Volumen de Arena			
Estación	Area	Volumen	Vol. Acumulado
0+000.00	0.46	0.00	0.00
0+020.00	0.46	9.18	9.18
0+040.00	0.46	9.18	18.35
0+060.00	0.46	9.18	27.53
0+080.00	0.46	9.18	36.71
0+100.00	0.46	9.18	45.89
0+120.00	0.46	9.18	55.06
0+140.00	0.46	9.18	64.24
0+160.00	0.47	9.26	73.50
0+180.00	0.46	9.26	82.77
0+200.00	0.47	9.26	92.03
0+220.00	0.47	9.35	101.38
0+240.00	0.47	9.35	110.73
0+260.00	0.47	9.35	120.08
0+280.00	0.46	9.26	129.34
0+300.00	0.47	9.26	138.60
0+320.00	0.47	9.35	147.95
0+340.00	0.47	9.35	157.30
0+360.00	0.47	9.35	166.65
0+380.00	0.48	9.43	176.08
0+400.00	0.48	9.52	185.60
0+420.00	0.47	9.43	195.04
0+440.00	0.48	9.43	204.47
0+460.00	0.48	9.52	213.99
0+480.00	0.47	9.43	223.43
0+500.00	0.48	9.43	232.86
0+520.00	0.47	9.43	242.30

0+540.00	0.47	9.35	251.65
Volumen de Arena			
Estación	Area	Volumen	Vol. Acumulado
0+560.00	0.48	9.43	261.08
0+580.00	0.48	9.52	270.60
0+600.00	0.48	9.52	280.13
0+620.00	0.48	9.52	289.65
0+640.00	0.48	9.52	299.17
0+660.00	0.48	9.52	308.69
0+680.00	0.47	9.43	318.12
0+700.00	0.46	9.26	327.39
0+720.00	0.47	9.26	336.65
0+740.00	0.47	9.35	345.99
0+760.00	0.48	9.43	355.43
0+780.00	0.48	9.52	364.95
0+800.00	0.48	9.52	374.47
0+820.00	0.48	9.52	383.99
0+840.00	0.47	9.43	393.43
0+860.00	0.47	9.35	402.77
0+880.00	0.48	9.43	412.21
0+900.00	0.48	9.52	421.73
0+920.00	0.48	9.52	431.25
0+940.00	0.48	9.52	440.77
0+960.00	0.48	9.52	450.29
0+980.00	0.48	9.52	459.81
1+000.00	0.48	9.52	469.33
1+020.00	0.48	9.52	478.85
1+040.00	0.47	9.43	488.29
1+060.00	0.48	9.43	497.72
1+080.00	0.48	9.52	507.25
1+100.00	0.48	9.52	516.77
1+120.00	0.48	9.52	526.29
1+140.00	0.48	9.52	535.81
1+160.00	0.48	9.52	545.33
1+180.00	0.48	9.52	554.85
1+200.00	0.48	9.52	564.37
1+220.00	0.48	9.52	573.89
1+240.00	0.48	9.52	583.41
1+260.00	0.48	9.52	592.93
1+280.00	0.48	9.52	602.45
1+300.00	0.48	9.52	611.97
1+320.00	0.48	9.52	621.50
1+340.00	0.48	9.52	631.02
1+360.00	0.48	9.52	640.54

1+380.00	0.48	9.52	650.06
Volumen de Arena			
Estación	Area	Volumen	Vol. Acumulado
1+400.00	0.48	9.52	659.58
1+420.00	0.48	9.52	669.10
1+440.00	0.48	9.52	678.62
1+460.00	0.48	9.52	688.14
1+480.00	0.48	9.52	697.66
1+500.00	0.48	9.52	707.18
1+520.00	0.48	9.52	716.70
1+540.00	0.48	9.52	726.22
1+560.00	0.48	9.52	735.75
1+580.00	0.48	9.52	745.27
1+600.00	0.48	9.52	754.79
1+620.00	0.48	9.52	764.31
1+640.00	0.47	9.43	773.74
1+660.00	0.47	9.35	783.09
1+680.00	0.48	9.43	792.53
1+700.00	0.48	9.52	802.05
1+720.00	0.48	9.52	811.57
1+740.00	0.48	9.52	821.09
1+760.00	0.48	9.52	830.61
1+780.00	0.48	9.52	840.13
1+800.00	0.48	9.52	849.65
1+820.00	0.48	9.52	859.17
1+840.00	0.48	9.52	868.69
1+860.00	0.47	9.44	878.13
1+880.00	0.47	9.35	887.48
1+900.00	0.47	9.35	896.83
1+920.00	0.47	9.35	906.18
1+940.00	0.46	9.26	915.44
1+960.00	0.46	9.18	924.62
1+980.00	0.46	9.18	933.80
2+000.00	0.46	9.18	942.97
2+008.46	0.46	3.88	946.85

Fuente: Elaborado por sustentantes.

# **Cronograma**

# **Tabla de oferta**

# Planos