



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
CON REVESTIMIENTO ASFÁLTICO DEL TRAMO YALÍ - EL COYOLAR, EST.
0+000 A EST. 5+000, EN EL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIAN DE YALÍ
DEPARTAMENTO DE JINOTEGA.”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por.

Br. Steven Salvador Muñoz Martínez

Br. Erick Lenin Arancibia Meza

Br. Migdael de Jesús Blandón Blandón

Tutor

Msc. Ing. Gioconda Juárez Rome

Managua, marzo 2021

DEDICATORIA.

Primeramente, a Dios, por su amor, gracia y misericordia que me ha permitido llegar a este momento, por iluminar mi camino y poner personas buenas en mi vida.

A mi abuela lola ya fallecida, que siempre cuidó de mí cuando mis padres se fueron buscando mejores condiciones de vida, siendo así como una madre y padre para mí en la etapa de mi niñez y adolescencia.

A mis padres por darme esa ayuda incondicional, porque a pesar de no estar a mi lado siempre estuvieron pendientes de mí, brindándome siempre su cariño y apoyo moral como económicamente, ya que sin su ayuda también mi logro no sería posible.

A mi hermana que siempre ha estado conmigo.

A mi familia por brindarme su apoyo y cariño incondicional.

Steven Salvador Muñoz Martínez.

DEDICATORIA.

Primeramente, a Dios por su amor, gracia y misericordia que me ha permitido llegar a este momento, por iluminar mi camino y poner personas buenas en mi vida.

A mi madre que ha sido incondicional conmigo siempre, darme tanto amor, cariño, enseñarme a ser una persona de bien, ser un ejemplo de lucha y superación para mí, me siento agradecido con Dios por haberte puesto en mi camino. Me has apoyado siempre en los momentos más difíciles y me has impulsado a seguir adelante. Esta meta la estamos cumpliendo los dos, ya que sin ti no habría podido llegar hasta aquí.

A mi mamita Gloria por apoyarme siempre, por cuidarme desde niño, darme cariño, ser mi amiga y por mostrarme los caminos de Dios.

A mi tío Martin Reyes ya fallecido que siempre me dio amor, cariño, quien fue como un padre para mí y a quien considere mi mejor amigo, gracias por ser una gran fuente de motivación para seguir adelante en los caminos de Dios, siempre estará en mi mente y en mi corazón.

A mi hermano y a mi familia que me han apoyado siempre.

Erick Lenin Arancibia.

DEDICATORIA.

Primeramente, a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos.

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me han apoyado incondicionalmente, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta y porque el orgullo que sienten por mí fue lo que me hizo ir hasta el final.

A mi hermano que a pesar de no estar a mi lado me ha apoyado en todo momento para seguir adelante y ver mi sueño hecho realidad.

A mi hijo por ser lo más grande y valioso que Dios me ha regalado, quien es mi fuente de inspiración y la razón que me impulsa a seguir adelante.

Migdael de Jesús Blandón Blandón.

AGRADECIMIENTO.

A Dios, quien nos dio la fortaleza necesaria para conquistar el sueño de ser unos profesionales, por brindarnos salud y colocar personas buenas en nuestro camino, y por qué seguirá siendo esa luz en nuestro camino que nos guiará todos los días de nuestras vidas en el desempeño de nuestra carrera.

A nuestros padres, familiares, compañeros y amigos que formaron parte de todo este proceso y nos han brindado apoyo.

Estamos eternamente agradecidos con nuestros maestros y sobre todo con nuestra tutora, Ing. Gioconda Juárez Romero por darnos sus conocimientos y ayuda para la elaboración de este documento.

Steven Salvador Muñoz Martínez.

Erick Lenin Arancibia Meza

Migdael de Jesús Blandón Blandón.

RESUMEN EJECUTIVO

En este trabajo se abordarán seis capítulos, los cuales serán presentados a continuación.

Capítulo I: Generalidades

En este capítulo se muestran los aspectos básicos que se tienen en cuenta para la realización de este trabajo tales como: introducción, antecedentes, justificación, objetivos, macro y micro localización del lugar.

Capítulo II: Estudio de tránsito

Este capítulo comprende la situación actual del tráfico sobre el tramo y su respectiva proyección; tomando como parámetro los volúmenes de tránsito obtenidos mediante aforos en el sitio de estudio.

Capítulo III: Estudio de suelo

Se realizarán sondeos en el tramo de estudio con dimensiones de 0.75cm*0.75cm*1.5m de distancia, con el objetivo de conocer las propiedades físico-mecánicas del suelo. Los ensayos realizados en el laboratorio siguieron procedimientos estándares descritos en las normas internacionales ASTM.

Se estudiarán 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.

Capítulo IV: Levantamiento topográfico

En este capítulo se abordará los resultados del estudio topográfico realizado en el tramo Yalí-El coyolar. Consistiendo en la obtención y presentación de los datos de campo del tramo.

Capítulo V: Espesores de pavimento

En este capítulo se realizó el cálculo de los espesores de cada capa que conforman el pavimento, utilizando el método de las AASHTO – 93, se obtuvieron resultados de 3 pulgadas para la carpeta asfáltica, 7 pulgadas para la base y 4 pulgadas para la sub base respectivamente.

Capítulo VI: Diseño geométrico

Se realizó el diseño geométrico del tramo Yalí-El coyolar en el municipio de San Sebastián de Yalí, departamento de Jinotega. El diseño refleja la realización de calles transversales de dicho tramo, basándose en la normativa del libro verde AASHTO 2011, Diseño Geométrico de Caminos y Calles y con el Software AutoCAD Civil 3D 2018, el cual incluyó la definición de cada uno de los principales criterios de diseño.

Capítulo VII: Elaboración de planos

En este capítulo se realizaron los planos obtenidos del Diseño Geométrico propuestos, utilizando el Software AutoCAD Civil3D 2018.

INDICE.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES.....	
1.1 Introducción.	1
1.2 Antecedentes.	2
1.3 Justificación.	3
1.4 Objetivos.	4
1.4.1 Objetivo general.	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Descripción del sitio.	5
1.5.1 Macro-localización.....	5
1.5.2 Micro-localización.	6
1.5.3 Reseña histórica del municipio.	7
1.5.4 Ubicación geográfica y extensión territorial.	8
1.5.5 Limites.	8
CAPÍTULO II. ESTUDIO DE TÁNSITO.....	
2.1 Definiciones básicas.	9
2.1.1 Estudio de tránsito.....	9
2.1.2 Volumen de tránsito.....	9
2.1.3 Tráfico promedio diario anual (TPDA).	9
2.1.4 Volumen de tránsito promedio diario.	9
2.1.5 Tránsito diario promedio semanal (TPDS).	10
2.1.6 Tránsito diario promedio mensual (TPDM).	10
2.1.7 Factor día.	10
2.1.8 Factor semana.....	11

2.1.9 Factor fin de semana.....	11
2.1.10 Factor de expansión.....	11
2.1.11 Velocidad de ruedo.....	11
2.1.12 Velocidad de ruedo promedio.....	12
2.1.13 Velocidad de diseño.....	12
2.1.14 Aforo vehicular.....	12
2.2 Clasificación vehicular.....	12
2.3 Tipos de estaciones.....	14
2.3.1 Estación de mayor cobertura (EMC).....	14
2.3.2 Estaciones de corta duración (ECD).....	14
2.3.3 Estaciones de conteo sumaria (ECS).....	14
2.4 Trabajo en campo y representación de resultados.....	15
2.4.1 Clasificación vehicular.....	15
2.4.2 Tránsito promedio diario anual (TPDA).....	16
2.4.3 Crecimiento vehicular.....	19
2.4.4 Tasa de crecimiento vehicular aplicando la media geométrica.....	20
2.4.5 Tasas de crecimiento para la proyección del tránsito.....	21
2.4.5.1 Registros históricos.....	22
2.4.6 Periodo de diseño.....	31
2.4.7 Factor ESAL`s.....	39
CAPÍTULO III. ESTUDIO DE SUELO.....	
3.1 Estudio de suelo para carretera.....	41
3.1.1 Recopilación de información geológica geotécnica.....	41
3.1.2 Estudio geológico de superficie.....	41

3.1.3 Exploraciones del subsuelo a lo largo del trazado de la vía y en las áreas de fuentes de materiales.	42
3.1.4 Exploración de áreas de fuentes de materiales.....	43
3.1.5 Propiedades iniciales de los suelos.....	44
3.1.6 Clasificación de suelos AASHTO.	44
3.1.7 Método del valor soporte california (CBR).	45
3.1.8 Trabajo de laboratorio.	45
3.2 Trabajo de campo.	46
3.2.1 Sondeos manuales.....	47
3.2.2 Resultados de ensayos.	47
3.3 Bancos de materiales.....	58
3.4 Estudio de laboratorio para bancos.....	59
3.4.1 Banco de préstamo # 1 La Morena.	59
3.4.2 Banco de préstamo # 2 Los Chilares.....	59
3.5 Consideraciones para elección del banco a utilizar.	60
3.5.1 Consideraciones para la base.	60
3.5.2 Consideraciones para la sub base.	61
3.6 Banco de materiales propuestos para la Capa Base.	61
3.7 Banco de materiales propuesto para la capa Sub Base.	63
3.8 Elección de los bancos a utilizar para la Base y Sub-base.....	64
3.9 Determinación del CBR de diseño.	65
3.10 Identificación de la Sub-Rasante.....	65
CAPÍTULO IV. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	
4.1 Estudio topográfico.	68

4.1.1 Geodesia.....	68
4.1.2 Distancia.....	68
4.1.3 Levantamiento.....	69
4.1.4 Mediciones.....	69
4.1.5 Toma de Datos.....	69
4.1.6 Replanteo.....	70
4.1.7 Levantamiento Longitudinal o de Vías de Comunicación.....	70
4.2 Procedimiento.....	71
CAPÍTULO V. DISEÑO DE PAVIMENTO.....	
5.1 Diseño de pavimento.....	75
5.2 El método de la AASHTO 93.....	75
5.3 Variables a considerar para el diseño de pavimento.....	76
5.3.1 Variables en función del tránsito.....	76
5.3.2 Confiabilidad (R).....	76
5.3.3 Desviación estándar global (So).....	77
5.3.4 Serviciabilidad.....	77
5.3.5 Perdida de serviciabilidad (Δ PSI).....	78
5.3.6 Número estructural asumido (SN).....	79
5.3.7 ESAL´s de diseño (Ejes equivalentes).....	79
5.3.8 Coeficiente de drenaje (m).....	80
5.3.9 Módulo de resiliencia.....	81
5.3.10 Coeficiente de las capas estructurales.....	82
5.3.11 Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento a1.....	83
5.3.12 Coeficiente estructural para la base a2.....	84

5.3.13 Coeficiente estructural para la base a3.	85
5.3.14 Números estructurales aportados y determinación de espesores.	86
5.3.15 Determinación de números estructurales.	86
5.4 Cálculo de espesores de pavimento.	87
5.4.1 Cálculo del espesor de la Base.	87
5.4.2 Cálculo del espesor de la Sub-base (D3) para el tramo.	88
5.5 Análisis del diseño de pavimentos.	89
5.6 Espesores de pavimento.	90
CAPÍTULO VI. DISEÑO GEOMÉTRICO.	
6.1 introducción.	91
6.2 topografía.	91
6.3 levantamiento topográfico.	92
6.3.1 Método utilizado.	92
6.4 Velocidad de diseño.	93
6.4.1 Tipo de área.	93
6.4.2 Condiciones del terreno.	93
6.4.3 Volúmenes de tránsito.	94
6.5 Distancia de visibilidad de parada.	95
6.6 Distancia de visibilidad de adelantamiento.	95
6.7 Curvas de nivel.	95
6.8 Alineamiento horizontal.	96
6.8.1 Peralte y factor de fricción máxima.	96
6.8.2 Radio mínimo.	97
6.8.3 Longitud de transición.	98

6.8.4 Desarrollo de bombeo – peralte.	98
6.8.5 Transición en la tangente.	100
6.8.6 Sobreancho.	100
6.8.7 Hombros.	101
6.8.8 Bombeo.	101
6.9 Drenaje superficial.	102
6.9.1 Cunetas.	102
6.10 Perfil longitudinal.	103
6.10.1 Rasante.	103
6.10.2 Pendiente.	103
6.11 Curvas verticales.	104
6.11.1 Tipos de curvas verticales.	104
6.11.2 Curvas verticales en cresta (Convexas).	106
6.11.3 Curvas verticales en columpio (Cóncavas).	106
6.11.4 Elementos geométricos de las curvas verticales.	106
6.11.5 Normas generales para el perfil longitudinal.	107
6.12 Secciones transversales.	108
6.12.1 Derecho de vía.	108
6.13 Elaboración del diseño en Civil 3D.	109
6.14 Cálculos para curvas horizontales.	109
6.15 Cálculo para curvas verticales.	112
CONCLUSIONES.	114
RECOMENDACIONES.	116
BIBLIOGRAFÍA.	117

ANEXOS.....

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Descripción vehicular.	13
Tabla 2: Dependencia de estaciones 2018.	16
Tabla 3: Tránsito promedio diario de 12 hrs por tipo de vehículo en ambos sentidos.	17
Tabla 4: Factores de ajuste correspondientes al segundo cuatrimestre del año mayo - agosto.	17
Tabla 5: TPDA2020 del tramo San Sebastián de Yalí – La Rica.	18
Tabla 6: Datos históricos del TPDA, en la Est. San Sebastián de Yalí – La rica.	19
Tabla 7: Tasa de crecimiento para los diferentes periodos de la ECD San Sebastián de Yalí – La rica.	21
Tabla 8: Registros históricos.	22
Tabla 9: Logaritmos naturales de datos históricos.	23
Tabla 10: Tasas de crecimiento para cada variable.	30
Tabla 11: Periodos de diseño.	31
Tabla 12: Proyección del tráfico normal.	33
Tabla 13: Proyección del tránsito generado.	34
Tabla 14: Proyección del tránsito total.	35
Tabla 15: Clasificación de carreteras.	37
Tabla 16: Factores de distribución direccional.	38
Tabla 17: Factores de distribución de carril.	38
Tabla 18: Calculo de ESAL´s de diseño.	40
Tabla 19: Tipos de ensayos.	45

Tabla 20: Ensayes en muestras para agregados de concreto o mezcla asfáltica.	46
Tabla 21: Ensayos realizados en el laboratorio.	46
Tabla 22: Ubicación de sondeos manuales, con sus coordenadas (Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator) WGS 84.	47
Tabla 23: Matriz de resultados de ensayos de sondeo.	53
Tabla 24: CBR de diseño.	58
Tabla 25: Características de los bancos de préstamos identificados.	60
Tabla 26: Especificaciones de materiales empleados en una Base-Granular. ..	60
Tabla 27: Especificaciones de materiales empleados en una base-granular.	61
Tabla 28: Requerimientos mínimos para la Capa-Base.	62
Tabla 29: Requisitos de Graduación de Agregados (Banco #1).	62
Tabla 30: Requerimientos mínimos para la Capa Sub-Base.	63
Tabla 31: Requisitos de graduación de agregados (Banco#2).	63
Tabla 32: Banco de material a utilizar para la Base / Sub-base.	64
Tabla 33: Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de diseño.	66
Tabla 34: Clasificación del CBR.	67
Tabla 35: Coordenadas (Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator) WGS 84.	74
Tabla 36: Porcentajes de confiabilidad.	76
Tabla 37: Desviación estándar.	77
Tabla 38: Serviciabilidad inicial.	78
Tabla 39: Serviciabilidad final.	78
Tabla 40: Cálculo de ejes equivalentes (ESAL´s).	80
Tabla 41: Coeficiente de drenaje.	81

Tabla 42: Espesores mínimos sugeridos por capa.	87
Tabla 43: Clasificación del terreno según su pendiente.....	94
Tabla 44: Clasificación de las carreteras.	94
Tabla 45: Peralte.....	96
Tabla 46: Factor de fricción máxima.	97
Tabla 47: Ancho mínimo de hombros y aceras.....	101
Tabla 48: Pendiente transversal de carril (Bombeo).	102
Tabla 49: Pendiente máxima para pendientes de carreteras locales rurales...	104
Tabla 50: Parámetros de diseño del proyecto.....	113
Tabla 51: Aforo vehicular día 1.	II
Tabla 52: Aforo vehicular día 2.	II
Tabla 53: Aforo vehicular día 3.	III
Tabla 54: Aforo vehicular día 4.	III
Tabla 55: Aforo vehicular día 5.	IV
Tabla 56: Aforo vehicular día 6.	IV
Tabla 57: Aforo vehicular día 7.	V
Tabla 58: Tráfico promedio diario anual histórico (EMC – 1802).	VI
Tabla 59: Tráfico promedio diario anual histórico (ECD – 3503).....	VII
Tabla 60: Indicadores macroeconómicos.....	VIII
Tabla 61: Consumo de hidrocarburos.....	IX
Tabla 62: Diagrama de cargas permisibles vehículos livianos.....	IX
Tabla 63: Diagrama de cargas permisibles vehículos pesados.	X
Tabla 64: Factores equivalentes de cargas, Ejes Simples.....	XI
Tabla 65: Factores equivalentes de cargas, Ejes Tándem.	XII

Tabla 66: Resultado de Proctor y CBR de la estación 0+000.	XVI
Tabla 67: Resultado de Proctor y CBR de la estación 2+000.	XX
Tabla 68: Resultado de Proctor y CBR de la estación 3+000.	XXIV
Tabla 69: Resultado de Proctor y CBR de la estación 4+000.	XXVIII
Tabla 70: Levantamiento topográfico.	XXXIV

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Macro localización del Municipio de San Sebastián de Yalí, Departamento de Jinotega.	5
Figura 2: Micro localización del tramo en estudio, Municipio de San Sebastián de Yalí.	6
Figura 3: Distribución de demanda según tipo de vehículo.	15
Figura 4: Espesores.....	90
Figura 5: Representación de la vista planialtrimetrica.	92
Figura 6: Tipos de curvas verticales.	105
Figura 7: Elementos geométricos de una curva vertical.	107
Figura 8: Sección típica rural con cuneta triangular de pavimento completa...	108
Figura 9: Derecho de vía de una carretera colectora rural.	109

INDICE DE GRÁFICAS.

Gráfica 1: Tendencia del PIB	24
Gráfica 2: Tendencia del consumo de combustible.	25
Gráfica 3: Tendencia de la ECD 3503.	25
Gráfica 4: Tendencia de la EMC 1802.....	26
Gráfica 5: Tendencia del crecimiento poblacional.	27
Gráfica 6: Correlación PIB vs Combustible.....	28
Gráfica 7: Correlación PIB vs TPDA de ECD 3503.	28
Gráfica 8: Correlación del PIB vs TPDA de EMC.	29
Gráfica 9: Correlación del PIB vs población.	30
Gráfica 10: Columnas estratigráficas de la estación 0+000 a estación 2+500. .	56
Gráfica 11: Columnas estratigráficas de la estación 3+000 a estación 5+000. .	57
Gráfica 12: Selección del CBR de diseño.....	67
Gráfica 13: Nomograma de coeficiente estructural a1, para la carpeta asfáltica.	83
Gráfica 14: Coeficiente estructural a2, para base granular no tratada.	84
Gráfica 15: Coeficiente estructural a3, para Sub-base granular.	85
Gráfica 16: Nomograma para el cálculo del número estructural de diseño SN.	LXXVII
Gráfica 17: Nomograma para el cálculo del número estructural de diseño SN.	LXXVIII

LISTA DE PLANOS.

- Lámina 1:** Plano planta perfil.
- Lámina 2:** Plano planta perfil.
- Lámina 3:** Plano planta perfil.
- Lámina 4:** Plano planta perfil.
- Lámina 5:** Plano planta perfil.
- Lámina 6:** Plano planta perfil.
- Lámina 7:** Plano planta perfil.
- Lámina 8:** Plano planta perfil.
- Lámina 9:** Plano planta perfil.
- Lámina 10:** Plano planta perfil.
- Lámina 11:** Plano planta perfil.
- Lámina 12:** Plano planta perfil.
- Lámina 13:** Plano planta perfil.
- Lámina 14:** Plano planta perfil.
- Lámina 15:** Plano planta perfil.
- Lámina 16:** Plano planta perfil.
- Lámina 17:** Plano planta perfil.
- Lámina 18:** Plano planta perfil.
- Lámina 19:** Plano planta perfil.
- Lámina 20:** Plano planta perfil.
- Lámina 21:** Plano planta perfil.
- Lámina 22:** Plano planta perfil.
- Lámina 23:** Secciones transversales.

Lámina 24: Secciones transversales.

Lámina 25: Secciones transversales.

Lámina 26: Secciones transversales.

Lámina 27: Secciones transversales.

Lámina 28: Secciones transversales.

Lámina 29: Secciones transversales.

Lámina 30: Secciones transversales.

Lámina 31: Secciones transversales.

Lámina 32: Secciones transversales.

Lámina 33: Secciones transversales.

Lámina 34: Secciones transversales.

Lámina 35: Secciones transversales.

Lámina 36: Secciones transversales.

Lámina 37: Secciones transversales.

Lámina 38: Secciones transversales.

Lámina 39: Secciones transversales.

Lámina 40: Secciones transversales.

Lámina 41: Secciones transversales.

Lámina 42: Secciones transversales.

Lámina 43: Secciones transversales.

Lámina 44: Secciones transversales.

Lámina 45: Secciones transversales.

LISTA DE SIMBOLOS.

TPDA:	Tráfico promedio diario anual.
TA:	Tránsito actual.
365:	Días del año.
TPDM:	Tránsito diario promedio mensual.
TM:	Tránsito mensual.
Tlab:	Tráfico levantado durante la semana lunes a viernes.
Tfs:	Tráfico levantado durante el fin de semana sábado a domingo.
EMC:	Estación de mayor cobertura.
ECD:	Estación de corta duración.
ECS:	Estación de conteo sumaria.
TC:	Tasa de crecimiento.
TPDA _j :	Tráfico promedio diario actual.
$TPDA_0$:	Tráfico promedio del año base.
TC_n :	Tasa de crecimiento del periodo en análisis.
$TPDA_n$:	Tráfico promedio diario del año en análisis.
$TPDA_{n-1}$:	Tráfico promedio diario del año anterior.
Tf:	Tasa de crecimiento final.
Y:	Variable dependiente.
PIB:	Producto interno bruto.
POB:	Población.
R2:	Conjunto formado por números reales.
Fc:	Factor de crecimiento.
TD:	Tránsito de diseño.

Tn:	Tránsito inicial del año.
To:	Tránsito inicial en el año.
Fc':	factor de distribución de carril.
FD:	factor de distribución de dirección.
ESAL's:	Cantidad de ejes equivalentes de 18 Kilo-libras.
SPT:	Ensayo de penetración estándar.
CBR:	Relación de soporte de california.
MR:	Módulo de resiliencia.
BM:	Banco de muestra.
TN:	Terreno natural.
LP:	Limite de propiedad.
B:	Borde.
LC:	Lectura central.
α_1 :	Coeficiente de capa para la carpeta de rodamiento.
α_2 :	Coeficiente de capa para la base.
α_3 :	Coeficiente de capa para la sub – base.
R:	Confiability.
D ₁ , D ₂ , D ₃ :	Espesores de las capas en pulgadas para la carpeta asfáltica, base y Sub – base.
m:	Coeficiente de drenaje.
Po:	El índice de serviciabilidad inicial.
Pt:	El índice de serviciabilidad final.
Δ :	Delta.
Δ PSI:	Perdida de serviciabilidad.

SN:	Numero estructural.
So:	Desviación estándar.
KPH:	Kilómetros por hora
Rmin:	Radio mínimo de la curva.
V:	Velocidad de diseño.
Lt:	Longitud de transición bombeo-peralte.
a:	Ancho del carril.
F:	Factor de fricción lateral.
e:	Tasa de sobreelevación en fracción decimal.
Pc:	Principio de curva.
PT:	Punto de terminación de la curva.
A, B, C, D, E, F, G, H:	Estaciones durante la transición.
L:	Longitud de diseño.
P1:	Pendiente de entrada.
P2:	Pendiente de salida.
PCV:	Principio de curva vertical.
PIV:	Punto de intersección vertical.
PVT:	Punto de la curva vertical.
T_{Min} :	Tangente mínima.
$R_{Diseño}$:	Radio de diseño.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES



1.1 Introducción.

En Nicaragua la construcción de carreteras ha tenido una gran demanda en los últimos años, siendo esto muy importante para el crecimiento del desarrollo económico del país. La red vial existente que conecta el municipio de San Sebastián de Yalí con sus comunidades aledañas presenta deterioro en su estructura, sin recibir mantenimiento vial adecuado, siendo esta vía de vital importancia para el desarrollo y comercio de la zona.

El diseño geométrico es una de las partes más importantes de un proyecto de carretera y a partir de diferentes elementos y factores; internos y externos, se configura su forma definitiva de modo que satisfaga de la mejor manera aspectos como la seguridad, comodidad, funcionalidad, entorno y estética.

En la presente monografía contiene la propuesta de diseño de una estructura de pavimento flexible en el tramo de carretera San Sebastián de Yalí – Comunidad el Coyolar, localizado en el departamento de Jinotega, teniendo dicho tramo una longitud de 5 KM.

El diseño geométrico es una de las partes más importantes de un proyecto de carretera y a partir de diferentes elementos y factores; internos y externos, se configura su forma definitiva de modo que satisfaga de la mejor manera aspectos como la seguridad, comodidad, funcionalidad, entorno y estética.

El trabajo monográfico presenta una propuesta de diseño geométrico del tramo de carretera “Yalí-El Coyolar” que tiene una longitud de 5 km y se ubica en el municipio de San Sebastián de Yalí, departamento de Jinotega; ver figura 1, página 5.

Para la realización del estudio; se aplicaron principios básicos de diseño de pavimentos, basados en la metodología AASHTO – 93, cumpliendo con los criterios y especificaciones necesarios, dicha metodología aporta elementos técnicos que se deben tomar en cuenta para realizar proyectos de construcción con mayor durabilidad.

1.2 Antecedentes.

La aparición de los pavimentos se debió a la necesidad del hombre de tener vías de transporte durables, que permitieran el desplazamiento rápido, cómodo, seguro, así como facilitando acortar el tiempo de viaje de un lugar a otro.

La comunidad El Coyolar, municipio de San Sebastián de Yalí cuenta con una población aproximada de 4500 habitantes. Está ubicada a 203 kilómetros de la capital y actualmente se encuentra junto al municipio en cuestión con una calidad vial muy baja, teniendo adoquinado solo el 40% del casco urbano y el acceso principal a la ciudad de 16 kilómetros pavimentado.

El tramo que conecta el casco urbano y la comunidad El Coyolar tiene una longitud de 7 kilómetros, se encuentra en mal estado y las curvas que presenta los planos longitudinales son demasiado pronunciadas, lo cual conlleva peligro a los vehículos que transitan diariamente por el tramo en cuestión, **(ver fotos del sitio en anexos en la página I.)**

A lo largo del año esta vía recibe aproximadamente 2 reparaciones por año las cuales son realizadas por la alcaldía municipal de San Sebastián de Yalí pues la frecuencia de transporte pesado causa un deterioro notable sumado también a la cantidad pluvial que afecta esta ruta.

Actualmente, la estructura del camino no tiene sub base, ni base, ni ningún tipo de revestimiento, lo cual dificulta el paso libre y cómodo de vehículos en la vía. En este trabajo se pretende realizar una nueva propuesta del diseño geométrico y de pavimento del tramo como alternativa para la solución de este problema.

1.3 Justificación.

San Sebastián de Yalí es conocido principalmente por ser productor de granos básicos, hortalizas, café y tabaco por lo que surge la necesidad que sus zonas y productoras y comerciales tengan buen acceso vial para la distribución de sus productos.

El tramo carretero “San Sebastián de Yalí – El Coyolar “actualmente no presta las condiciones necesarias para facilitar el acceso a la zona y poder comunicar fácilmente con las comunidades vecinas a la zona.

En este camino el diseño y construcción de una carretera establece una ventaja para la zona, este avance supondría grandes beneficios para la localidad y otros pueblos y comunidades que necesitan un acceso fácil y rápido hacia otros lugares.

Por lo tanto, con el diseño geométrico y diseño de pavimento del tramo de 5 km de camino del municipio de Yalí, se dará respuesta a las necesidades de la comunidad como el aspecto social (salud y calidad de vida), así como el aspecto vial (comodidad y disminución del deterioro vehicular, entre otros).

Los pobladores de este municipio y de esta comunidad tienen muchos motivos para requerir una infraestructura vial en la zona siendo esta zona de alta producción agrícola, una gran fuente de comercio por lo tanto es de mucha importancia contar con una vía de comunicación para la movilización de sus productos a otros puntos de la región, así como también para su comunicación interna.

En verano es muy transitado, pero causa molestias a los pobladores de alrededor de la zona por las continuas polvaredas que ocasiona el tránsito y en invierno la situación se entorna incómoda ya que las fuertes lluvias en la zona generan desgaste en el tramo ya que genera un camino demasiado lodoso lo cual hace que se formen muchos baches, según la alcaldía municipal de San Sebastián de Yalí lo cual conlleva a darle mantenimiento. Ante esta situación; este estudio pretende dar respuesta a la problemática identificada en la vía que conecta el municipio con la comunidad.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general.

Proponer el diseño geométrico y estructura de pavimento con revestimiento asfáltico del tramo Yalí - El Coyolar, Est. 0+000 a Est. 5+000, en el municipio de San Sebastián de Yalí del departamento de Jinotega.

1.4.2 Objetivos específicos.

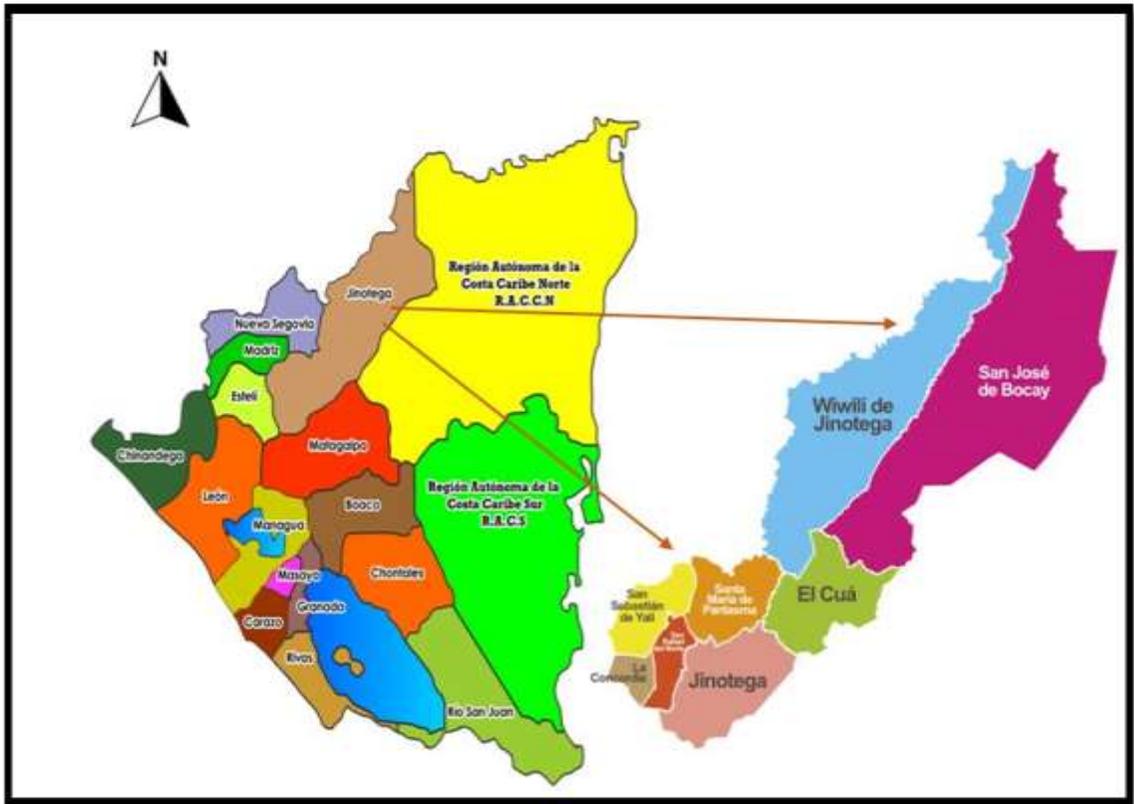
- Realizar conteo vehicular en el tramo en estudio con la finalidad de proyectar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y obtener las cargas de diseño para el periodo de proyección.
- Determinar las características físico-mecánicas del suelo, tomando en cuenta los bancos de materiales locales, para el diseño de la sub- base y base del tramo en estudio.
- Realizar un levantamiento topográfico para obtener el relieve del terreno donde se hará el diseño geométrico.
- Determinar los espesores de la estructura de pavimento que soportará las cargas de diseño aplicando la metodología AASHTO 93.
- Realizar el Diseño Geométrico del tramo en estudio, para garantizar la seguridad y el confort de los usuarios utilizando el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial (SIECA, 3th Edición 2011).
- Elaborar los planos como resultado del Diseño Geométrico propuesto en planta-perfil y sección típica, utilizando el Software AutoCAD CIVIL 3D 2018.

1.5 Descripción del sitio.

1.5.1 Macro-localización.

El sitio de estudio se encuentra ubicado en la ciudad de San Sebastián de Yalí departamento de Jinotega, a 184.2 km de la capital hacia el norte, colinda al norte con los municipios de Telpaneca y San Juan del Rio Coco Departamento de Madriz y el municipio de Quílali Departamento de Nueva Segovia, al sur con el municipio de la Concordia, al este con los municipios de Pantasma y San Rafael del Norte, y al oeste con los municipios de Condega y Estelí Departamento de Estelí.

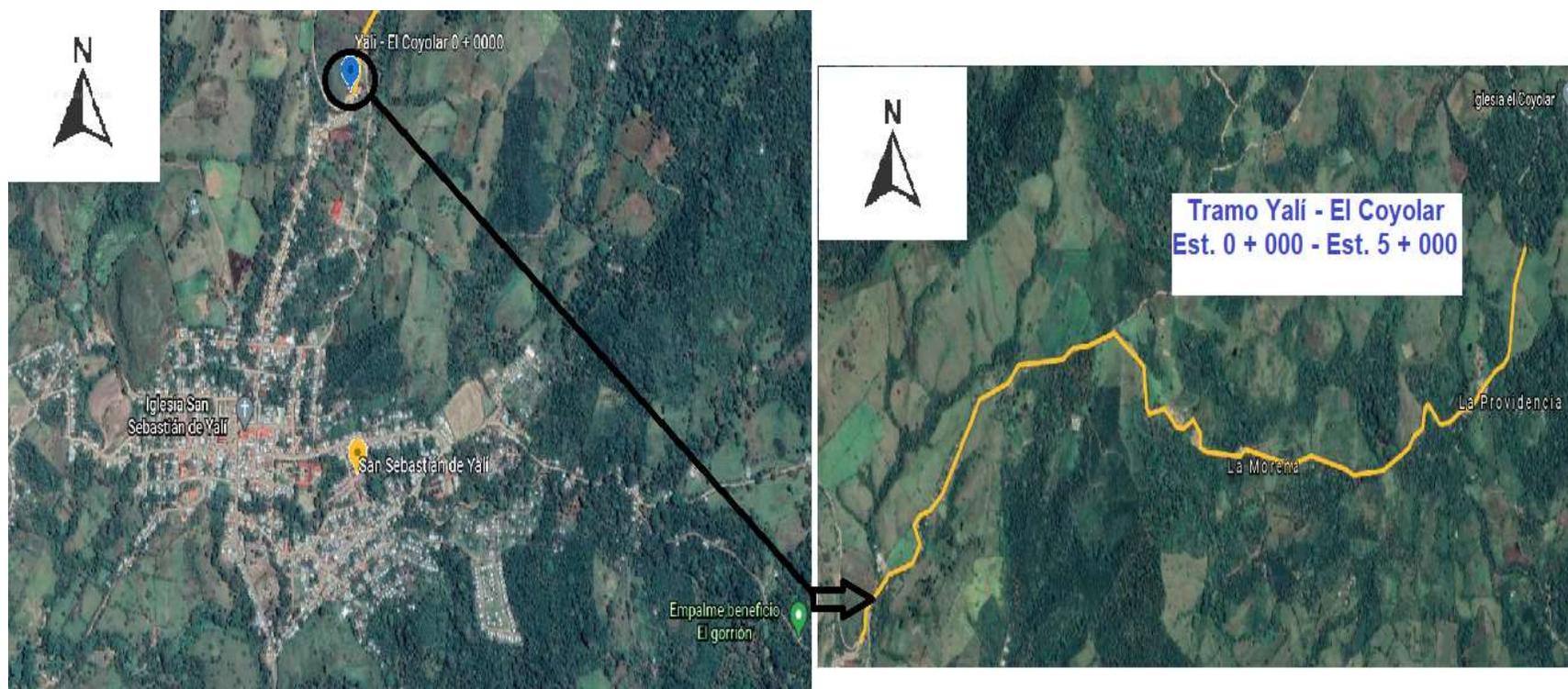
Figura 1: Macro localización del Municipio de San Sebastián de Yalí, Departamento de Jinotega.



Fuente: Elaboración propia.

1.5.2 Micro-localización.

Figura 2: Micro localización del tramo en estudio, Municipio de San Sebastián de Yalí.



Fuente: Elaboración propia.

1.5.3 Reseña histórica del municipio.

Fue conocido como La Rinconada, luego como La Placita, luego y por último San Sebastián de Yalí Comúnmente por sus habitantes y visitantes por "Yalí" y es Fundado en el año 1908.

San Sebastián de Yalí esta caracterizado dentro del tipo de clima de Sabana Tropical de altura, con una temperatura promedio que oscila entre los 21° y 22° C con una precipitación pluvial anual entre los 2000 - 2600 mm.

El clima es cálido, llueve constantemente, sobre todo en la parte Norte, lo que ha permitido el desarrollo de una vegetación selvática.

Se realizan todas las fiestas locales entre el 10 y 21 de enero destacándose el 19 de marzo día de San José como fiestas tradicionales y el 20 de enero fiestas Patronales día de San Sebastián.

San Sebastián de Yalí Conocido por ser una zona religiosa en la cual predominan la iglesia católica, evangélica y los pentecostés.

La zona fue conocida durante un tiempo como la rinconada después por la característica llana de un sector se le llamo La placita y más concretamente la plaza de Yalí. Con la afluencia constante de inmigrantes y el tiempo moviéndose en áreas de desarrollo poco a poco la Rinconada o Valle de Yale fue transformándose en un pueblo.

El primer tratado de Yalí se hizo siendo alcalde el Sr. Blas Miguel Molina. El 27 de agosto de 1913 por el Ing. Félix Pedro Fajardo.

El Municipio esta dividido en Comunidades y cada una de esta pertenece a una de las siete Micro- Regiones formadas por la Alcaldía Municipal. Las más importantes son: San Antonio, La Vainilla, La Bolsa, El Coyolar, El Bijagual, Las Vegas, El Zancudal, la Rica La Constancia y el Caracol estas por su gran concentración y riquezas humana.

1.5.4 Ubicación geográfica y extensión territorial.

San Sebastián de Yalí es un municipio del departamento de Jinotega en la República de Nicaragua. La cabecera es la localidad de Yalí.

El municipio de San Sebastián de Yalí tiene una superficie de 400,86 km². El pueblo de Yalí tiene una población urbana de 6.735 habitantes en el año 2017. Su altitud es de 851,24 msnm. La distancia de 182 Kilómetros de la capital de Managua y a 1 h (40,7 km) por la carretera NIC-3 desde la ciudad de Jinotega.

El municipio se localiza entre las coordenadas 13° 18' de latitud norte y 86° 11' de longitud oeste.

1.5.5 Límites.

Los límites de Municipio de San Sebastián de Yalí son los siguientes:

- Norte: Limita con los Municipios de Telpaneca y San Juan del Rio Coco (Departamento de Madriz) y el Municipio de Quílali (Departamento de Nueva Segovia).
- Sur: Limita con el Municipio de la Concordia.
- Este: Limita con los Municipios de Santa María de Pantasma y San Rafael del Norte
- Oeste: Limita los Municipios de Estelí y Condega (Departamento de Estelí).

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE TRÁNSITO



2.1 Definiciones básicas.

2.1.1 Estudio de tránsito.

El tránsito debe ser uno de los primeros estudios, principalmente cuando se trata de vías que serán construidas o mejoradas por el sistema de concepción. El estudio de tránsito se encarga de estimar los volúmenes de tránsito esperados en el momento de dar en servicio la vía y su comportamiento a lo largo de la vida útil de esta.

El estudio de tránsito se realiza con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos y personas, sobre puntos o secciones específicas dentro un sistema vial de carretera o calle (Cal y Mayor Cardenas, 1998).

2.1.2 Volumen de tránsito.

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período determinado.

2.1.3 Tráfico promedio diario anual (TPDA).

Es la unidad de medida habitual para indicar el uso o importancia de la carretera y se expresa en vehículos por día.

$$TPDA = \frac{TA}{365} \qquad \text{Ecuación No. 1}$$

Donde:

TA = Tránsito anual.

365 = Días del año.

2.1.4 Volumen de tránsito promedio diario.

Se define el volumen de tránsito promedio diario (VTPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo.

2.1.5 Tránsito diario promedio semanal (TPDS).

Es el volumen total de flujo de tránsito de vehículos de una carretera durante una semana, puede ser el promedio de los 7 días de una semana, el de las 4 semanas en el mes o la media de todos los promedios de cada día de la semana, es decir la suma de los promedios de todos los días lunes de un mes (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 2016).

$$TPDS = \frac{Ts}{7} \qquad \text{Ecuación No. 2}$$

Donde:

TS = Tráfico Semanal.

2.1.6 Tránsito diario promedio mensual (TPDM).

Es la media del volumen mensual del flujo de tránsito calculando a partir del promedio de los volúmenes diarios de todos los días que componen el mes de conteo. Esto quiere decir: existirá un TPDM para cada mes del año.

$$TPDM = \frac{TM}{30} \qquad \text{Ecuación No. 3}$$

Donde:

TM = Tránsito Mensual.

2.1.7 Factor día.

Corresponde expandir el tráfico diurno de 12 horas a tráfico diario de 24 horas se obtiene mediante los resultados correspondientes de las estaciones de mayor cobertura de 24 horas siendo la fórmula para calcular:

$$\text{Factor día} = 1 + \frac{\text{Tráfico Nocturno}}{\text{Tráfico Diurno}} \qquad \text{Ecuación No. 4}$$

El valor de factor día a adoptar por defecto en las estaciones de Mayor Cobertura (Anuario de Aforos de Tráfico, 2018).

2.1.8 Factor semana.

Es el factor para expandir el resultado obtenido para un periodo corto de tres días de la semana (martes a jueves) a los promedios semanales 7 días (lunes a domingo), siendo la fórmula para calcular:

$$Factor\ Semana = \frac{(Tlab * 5 + Tfs * 2)}{7 * Tlab} \qquad \qquad \qquad Ecuación\ No.\ 5$$

Donde:

Tlab = Corresponde al tráfico levantado durante la semana lunes a viernes.

Tfs = Corresponde al tráfico levantado durante el fin de semana sábado a domingo.

Los valores de factor semana en las estaciones de mayor cobertura por defecto será 1.0.

2.1.9 Factor fin de semana.

Es el factor para expandir un conteo realizado durante el fin de semana a los 7 días de la semana, siendo la fórmula para calcular:

$$Factor\ Laboral = \left(\frac{Tlab * 5 + Tfs * 2}{7 * Tfs} \right) \qquad \qquad \qquad Ecuación\ No.\ 6$$

2.1.10 Factor de expansión.

Es el factor para expandir el tráfico diario semanal al tránsito promedio diario anual (TPDA) por tipo de vehículo, el que se obtiene de los conteos realizados en las estaciones de mayor cobertura.

2.1.11 Velocidad de ruedo.

La velocidad de ruedo es la longitud del tramo de la carretera dividida ante el tiempo requerido. Para que el vehículo recorra ese tramo, la velocidad de ruedo promedio de todos los vehículos es la más apropiada medida de velocidad para evaluar el nivel de servicio y costo de los usuarios de la carretera. Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002).

2.1.12 Velocidad de ruedo promedio.

La velocidad de ruedo promedio es la suma de las distancias recorrida por los vehículos en una sección de la carretera, durante un período de tiempo determinado, dividido por la suma de sus tiempos de recorrido.

2.1.13 Velocidad de diseño.

Generalmente, la velocidad de operación es la velocidad media de desplazamiento que pueden lograr los usuarios en una carretera con una velocidad de diseño dada, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente. Si el tránsito y la interferencia son bajas, la velocidad de operación puede llegar a ser muy similar a la velocidad de diseño. A medida que el tránsito crece la interferencia entre vehículos aumenta tendiendo a bajar la velocidad de operación del conjunto.

2.1.14 Aforo vehicular.

Para el diseño de una carretera o camino, o cualquiera de sus partes se debe conocer la información real de los factores relativos al tránsito sobre la zona donde se pretende realizar dicho proyecto, para ello se realiza un aforo vehicular por medio del cual se conoce la cantidad de vehículos, así como los tipos de vehículos, así como los tipos de vehículos (Vehículos livianos y vehículos pesados); así como la velocidad ideal con la cual se debe transitar por el camino (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geometrico de Carreteras, 2011).

2.2 Clasificación vehicular.

La hoja de clasificación vehicular usada en campo está compuesta por 17 tipos de vehículos, es importante diferenciar uno de otro, ya que contienen diferencias en sus características.

La hoja de clasificación vehicular usada por el MTI, está compuesta por 17 tipos de vehículos, los cuales se mencionan en la tabla-1.

Tabla 1: Descripción vehicular.

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 AGRICOLAS		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, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
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, 2018, pág. 34).

2.3 Tipos de estaciones.

En esta metodología se identifican tres tipos de estaciones, las Estaciones de Mayor Cobertura (EMC) que se encuentra ubicadas sobre la red troncal de carreteras, las Estaciones de Corta Duración (ECD) ubicadas ya sea en caminos asfaltados o adoquinados con un flujo menor que la red troncal y las Estaciones de Conteo Sumarias (ECS) ubicadas en caminos revestidos con un flujo moderado (Anuario de Aforos de Tráfico, 2018).

2.3.1 Estación de mayor cobertura (EMC).

Se realizan aforos 3 veces al año divididos en tres cuatrimestres debido al alto costo de ejecución, realizando conteos clasificados durante 7 días consecutivos cada uno las 24 horas, lográndose obtener el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) que no es más que el promedio de los periodos. Estas estaciones permiten un conocimiento de las variaciones típicas del tráfico (estacionales, semanales y diarias) y de la frecuencia de las intensidades horarias a lo largo del año.

2.3.2 Estaciones de corta duración (ECD).

Su función es conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales para establecer unas leyes que puedan aplicarse a un grupo de estaciones similares o afines. Generalmente son realizadas en caminos de adoquinado y asfalto, en donde el TPDA es mayor de 300 pero menor a la de una estación de mayor cobertura.

2.3.3 Estaciones de conteo sumaria (ECS).

Son estaciones con volúmenes menores a un TPDA de 300 vehículos. Se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (6 a.m. - 6 p.m.) en periodos de tres días, generalmente en todo el transcurso del año.

2.4 Trabajo en campo y representación de resultados.

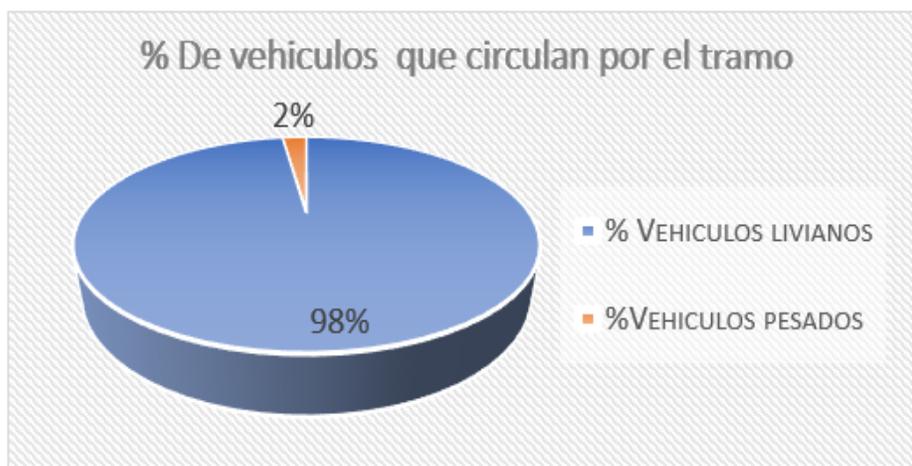
El conteo vehicular del tramo Yalí- El Coyolar ubicado en San Sebastián de Yalí el cual se ha realizado haciendo uso de los conocimientos adquiridos durante los 5 años de estudio. Este trabajo de campo fue ejecutado una semana (lunes a domingo); comprendiendo entre el día lunes 5 de mayo al 11 de mayo del año 2020, abarcando 12 horas del día, de 6:00am a 6:00pm durante la semana de conteo. Se hizo en una semana para obtener datos más amplios sobre la cantidad y tipos de vehículos que circulan por dicho tramo. **(ver Anexos Aforo vehicular, Tablas 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, paginas II, III, IV, V.)**

El conocimiento de los conteos vehiculares es de vital importancia para determinar los volúmenes del tráfico sobre puntos de interés en un sistema vial.

2.4.1 Clasificación vehicular.

En el conteo realizado se puede apreciar que la mayor sollicitación de carga de tráfico en el tramo de estudio corresponde a vehículos livianos en un **98%**, así mismo, se aprecia que, para vehículos pesados la demanda es de un **2%** para vehículos pesados.

Figura 3: Distribución de demanda según tipo de vehículo.



Fuente: Elaboración propia.

2.4.2 Tránsito promedio diario anual (TPDA).

Para determinar el Tráfico Promedio Diario Anual o de año base (2020) utilizamos la información que publica el (Anuario de Aforos de Tráfico, 2018), **(Ver anexos, Tabla 58, 59, paginas VI, VII.)** el tramo Yalí – El coyolar se relacionó con la estación de corta duración (ECD) San Sebastián de Yalí – La Rica, por aproximarse al porcentaje de vehículos livianos y de vehículos pesados, y porque el tramo seleccionado es parte del mismo, por lo cual la relación de ambos tramos es muy similar.

Lo cual se cumple con la metodología del MTI de asociación de estaciones de conteos, las cuales son de cobertura nacional en diversos puntos de la red vial de Nicaragua.

Tabla 2: Dependencia de estaciones 2018.

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1802 San Marcos - Masatepe	NIC-35B	3502	ECD	Esteli (Inter NIC-1) - Emp. Chilamatillo
	NIC-35B	3507	ECS	Emp. Chilamatillo - Escuela Miraflores
	NIC-35B	3508	ECS	Escuela Miraflores - San Sebastián de Yalí (Empalme Quiatas)
	NIC-35C	2605	ECS	El Jicaral - Santa Rosa del Peñón
	NIC-35D	3503	ECD	San Sebastián de Yalí - La Rica
	NIC-36	1214	ECD	Emp.Posoltega - Posoltega
	NIC-37A	714	ECS	Las Lajitas - Cuapa -Comarca El Zancudo
	NIC-37B	3701	ECS	Juigalpa - Puerto Diaz
	NIC-38	3801	ECS	Dos Montes - El Sauce
	NIC-38	2611	ECS	El Sauce - Río Grande
NIC-38	3802	ECS	Río Grande - Achuapa	
NIC-38	3802 A	ECS	Achuapa - San Juan de Limay	

Fuente: (Anuario de Aforos de Tráfico, 2018, pág. 67)

Tabla 3: Tránsito promedio diario de 12 hrs por tipo de vehículo en ambos sentidos.

Tramo: San Sebastián de Yalí - La Rica				Ubicación: Est 0+000				Fecha: Lunes 5 a domingo 11 de mayo del año 2020				
Dia	Vehiculos de pasajeros							Vehiculos de carga				Total Veh/12hrs
	Motos	Automoviles	Jeep	Camionetas	McBus <15	MnBus 15-30	Bus >30	Lv 2-5 Ton	C2 >5Ton	C3	Tx - Sx<=4Ton	
Lunes 5 de mayo	322	4	1	94	0	0	22	4	4	3	0	454
Martes 6 de mayo	266	2	0	77	2	0	22	6	2	0	0	377
Miercoles 7 de mayo	189	2	0	38	0	0	22	4	2	0	0	257
Jueves 8 de mayo	214	4	0	40	0	0	22	6	2	3	0	291
Viernes 9 de mayo	286	0	0	68	0	0	22	4	2	0	0	382
Sabado 10 de mayo	345	1	0	107	0	0	22	9	2	2	1	489
Domingo 11 de mayo	437	3	5	104	0	0	22	0	5	2	0	578
Total/Veh	2059	16	6	528	2	0	154	33	19	10	1	2828
Total	2765							63				2828
Veh/12hrs, % por tipo	73%	1%	0%	19%	0%	0	5%	1%	1%	0%	0%	100%
%Veh/12hrs	98%							2%				
	Vehiculos livianos							Vehiculos pesados				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Factores de ajuste correspondientes al segundo cuatrimestre del año mayo - agosto.

Estación de mayor cobertura 1802					San Marcos - Masatepe								Factores 2018				
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx=>5	Cx- Rx=<4	Cx- Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.36	1.32	1.20	1.24	1.32	1.24	1.32	1.16	1.21	1.14	1.00	1.19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20
Factor Semana	0.98	1.04	1.03	1.02	0.95	0.97	0.91	0.91	0.86	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.06
Factor Fin de Semana	1.06	0.90	0.93	0.96	1.16	1.08	1.34	1.30	1.70	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88
Factor Expansión a TPDA	1.00	1.20	1.11	1.15	1.06	1.01	1.09	1.08	1.16	0.94	1.00	1.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.44

Fuente: (Anuario de Aforos de Tráfico, 2018, pág. 355).

Tabla 5: TPDA2020 del tramo San Sebastián de Yalí – La Rica.

	Vehículos de pasajeros						Vehículos de carga				Total	
	Motos	Automoviles	Jeep	Camionetas	McBus > 15 pas	MnBus 15-30	Bus >30 pas	Lv 2-5 Ton	C2 >5Ton	C3		Tx - Sx < = 4Ton
TP (D)	294	2	1	75	0	0	22	5	3	1	0	403
Factor día	1.36	1.32	1.2	1.24	1.32	1.24	1.32	1.16	1.21	1.14	1.19	
Factor expansión	1.00	1.20	1.11	1.15	1.06	1.01	1.09	1.08	1.16	0.94	1.33	
TPDA	400	3	1	107	0	0	32	6	4	1	0	554
TPDA %	72%	1%	0%	19%	0%	0%	6%	1%	1%	0%	0%	100%
	98%						2%					
	% Vehículos livianos						% Vehículos pesados					

Fuente: Elaboración propia.

2.4.3 Crecimiento vehicular.

Este es el primer paso para realizar investigaciones sobre los volúmenes de Tránsito ya que es conocer el TPDA y su tendencia de crecimiento. El método más común para la proyección de tráfico es la ecuación siguiente: (Anuario de Aforos de Tráfico, 2018, pág. 17).

$$TC = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right)^{\frac{1}{n}} \right] - 1 \quad \text{Ecuación No. 7}$$

Donde:

TC: Tasa de crecimiento vehicular.

TPDA_i: Tráfico promedio diario actual.

TPDA₀: Tráfico promedio diario del año base.

n: Diferencia de años.

Para poder conocer el comportamiento vehicular, debemos tomar en cuenta la estación de corta duración (ECD) 3503 Código NIC-35D San Sebastián de Yalí – La Rica correspondiente a la zona.

Tabla 6: Datos históricos del TPDA, en la Est. San Sebastián de Yalí – La rica.

ECD 3503 NIC-35D San Sebastián de Yalí - La rica				
1999	2002	2006	2009	2015
143	168	146	342	388

Fuente: (Anuario de Aforos de Tráfico, 2018, pág. 176).

Utilizando la ecuación No.8 obtendremos la tasa de crecimiento vehicular en el periodo de 2009-2015, la cual se presenta a continuación:

$$TC = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right)^{\frac{1}{n}} \right] - 1 = \left[\left(\frac{388}{342} \right)^{\frac{1}{6}} \right] - 1 \quad TC = 2 \%$$

Como conclusión tenemos que para el periodo 2009-2015 la tasa de crecimiento vehicular es de **2%**.

2.4.4 Tasa de crecimiento vehicular aplicando la media geométrica.

Aplicando la (**Ecuación No. 8**), logramos calcular las tasas de crecimiento; la media geométrica con la cual podemos considerar todos los TPDA históricos de la estación ECD 3503 NIC-35D, Sebastián de Yalí – La rica, No. 218, esto lo realizamos con el fin de proponer o hacer valer más el resultado final. Una de las ventajas de la media geométrica es que es menos sensible al cálculo con valores extremos.

A continuación, se muestra el procedimiento para calcular las diferentes tasas de crecimiento para cada uno de los datos históricos, con la siguiente ecuación:

$$TC_n = \left[\left(\frac{TPDA_n}{TPDA_{n-1}} \right)^{1/n} \right] \quad \text{Ecuación No. 8}$$

Donde:

TC_n: Tasa de crecimiento que se tenga en el periodo de análisis.

TPDA_n: Tráfico promedio diario del año en análisis.

TPDA_{n-1}: Tráfico promedio diario del año anterior.

n: La diferencia de años.

Se procederá a calcular el TC_n para el periodo 1999-2002.

$$TC_n = \left[\left(\frac{168}{143} \right)^{1/3} \right] = 1.06$$

Obtuvimos como resultado un **TC_n = 1.06%**, y así sucesivamente fue para cada periodo, dando como resultado los siguientes valores.

Tabla 7: Tasa de crecimiento para los diferentes periodos de la ECD San Sebastián de Yalí – La rica.

Periodo	TCn
1999-2002	1.06
2002-2006	0.97
2006-2009	1.33
2009-2015	1.02

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidas todas las tasas de crecimiento para cada periodo, procedemos a aplicar la media geométrica, utilizando la siguiente ecuación.

$$TF = [(TC1 * TC2 * TC3 * \dots * TCn)]^{1/n} - 1 \quad \text{Ecuación No. 9}$$

Donde:

Tf= Tasa de crecimiento final.

TCn= Diversas tasas de crecimiento obtenidas de la serie histórica.

n= Cantidad de tasas de crecimiento.

$$TF = [(1.06 * 0.97 * 1.33 * 1.02)]^{1/4} - 1 * (100) = 8\%$$

Obteniéndose como resultado una tasa final aplicándose la media geométrica de **8%**, entre el periodo 1999-2015.

2.4.5 Tasas de crecimiento para la proyección del tránsito.

Para determinar la tasa de crecimiento de tránsito más adecuada, es necesario tomar en cuenta los datos históricos que están fuertemente relacionados para la proyección del mismo, entre ellos están: Producto Interno Bruto (PIB), consumo de combustible, TPDA de las estaciones relacionadas al tramo en estudio y el crecimiento Poblacional (POB), la tasa de crecimiento del tránsito se puede definir con el promedio de las tasas de las variables PIB, POB y Consumo de Combustible. **(Ver anexos, tablas 60, 61, paginas VIII, IX.)**

2.4.5.1 Registros históricos.

Los registros históricos analizados son los de mayor vínculo respecto a los estudios de tránsito para una proyección más acertada.

Tabla 8:Registros históricos.

Año	PIB (Millones de C\$ constante)	Cosumo Nac. Combustible (miles de barriles)	TPDA ECD 3503	TPDA EMC 1802	Población (habitantes)
2008	129,160.50	4,858.80		4,554.00	30,073
2009	124,907.70	4,935.20	342.00	4,887.00	30,700
2010	130,416.30	5,143.10		4,936.00	31,276
2011	138,654.20	5,388.00		5,132.00	31,856
2012	147,661.40	5,615.80		6,324.00	32,441
2013	154,936.80	5,788.20		6,221.00	33,026
2014	162,351.30	6,127.10		6,883.00	33,609
2015	170,131.60	6,913.70	388.00	7,402.00	34,191
2016	177,894.90	7,287.50		8,500.00	34,777
2017	186,212.40	7,596.40		8,908.00	35,358
2018	179,107.00	7,060.30		9,499.00	35,940

Fuente: Anuario de estadísticas Macroeconómicas 2018 (BCN), pág. 8 y 30.

(Anuario Estadístico, 2018).

Con el fin de generar las rectas de regresión extraemos los logaritmos neperianos de los datos correspondientes a la Tabla 8 para así luego determinar los distintos coeficientes de correlación entre cada una de las variables en donde usaremos las correlaciones que se aproximen más al 100% para obtener así las distintas tasas de crecimiento. **(Ver Tabla 9)**

En seguida se muestran las correlaciones correspondientes a cada una de las variables de acuerdo con el tiempo mostrando sus respectivas líneas de tendencia de donde obtendremos porcentajes de correlación y tasas de crecimiento en base a la ecuación 10.

$$y = mx + b$$

Ecuación No. 10

Donde:

Y: Variable dependiente.

m: Pendiente de la recta (tasa de crecimiento de la variable).

b: Es el intercepto en la ordenada.

Tabla 9: Logaritmos naturales de datos históricos.

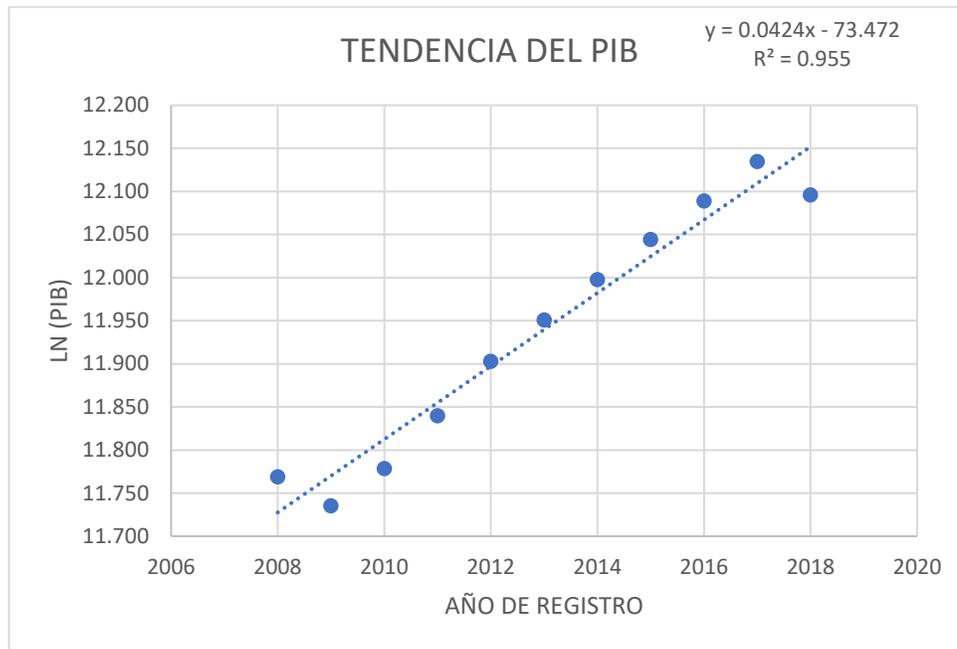
Año	PIB (Millones de C\$ constante)	Cosumo Nac. Combustible (miles de barriles)	TPDA ECD 3503	TPDA EMC 1802	Población (habitantes)
2008	11.769	8.489		8.424	10.311
2009	11.735	8.504	5.835	8.494	10.332
2010	11.778	8.545		8.504	10.351
2011	11.840	8.592		8.543	10.369
2012	11.903	8.633		8.752	10.387
2013	11.951	8.664		8.736	10.405
2014	11.998	8.720		8.837	10.423
2015	12.044	8.841	5.961	8.910	10.440
2016	12.089	8.894		9.048	10.457
2017	12.135	8.935		9.095	10.473
2018	12.096	8.862		9.159	10.490

Fuente: Elaboración propia.

Las líneas de tendencias mostradas a continuación corresponden a las variables que están fuertemente vinculadas al tránsito según el tiempo en que se encuentre.

2.4.5.2 Líneas de tendencia para cada variable.

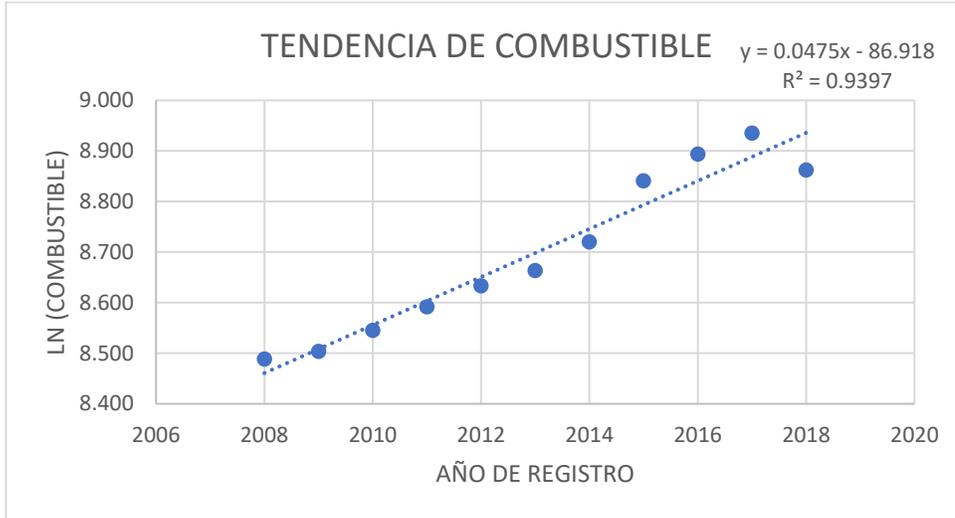
Gráfica 1: Tendencia del PIB



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la gráfica 1 el PIB tiene un coeficiente de correlación $R^2=0.955$, lo cual indica que tiene una muy buena correlación del 95.5%, y presenta una tasa de crecimiento del 4.24% anual. Este valor se obtiene mediante la ecuación N°10 de la página 23.

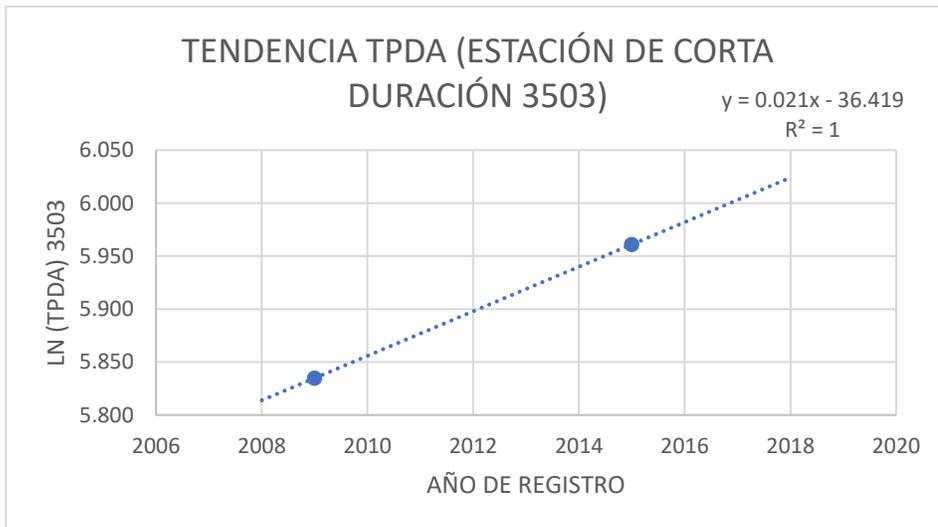
Gráfica 2: Tendencia del consumo de combustible.



Fuente: Elaboración propia.

El consumo de combustible tiene un coeficiente de correlación $R^2 = 0.9397$, lo cual indica que tiene una muy buena correlación del 93.97%, y presenta una tasa de crecimiento del 4.75% anual.

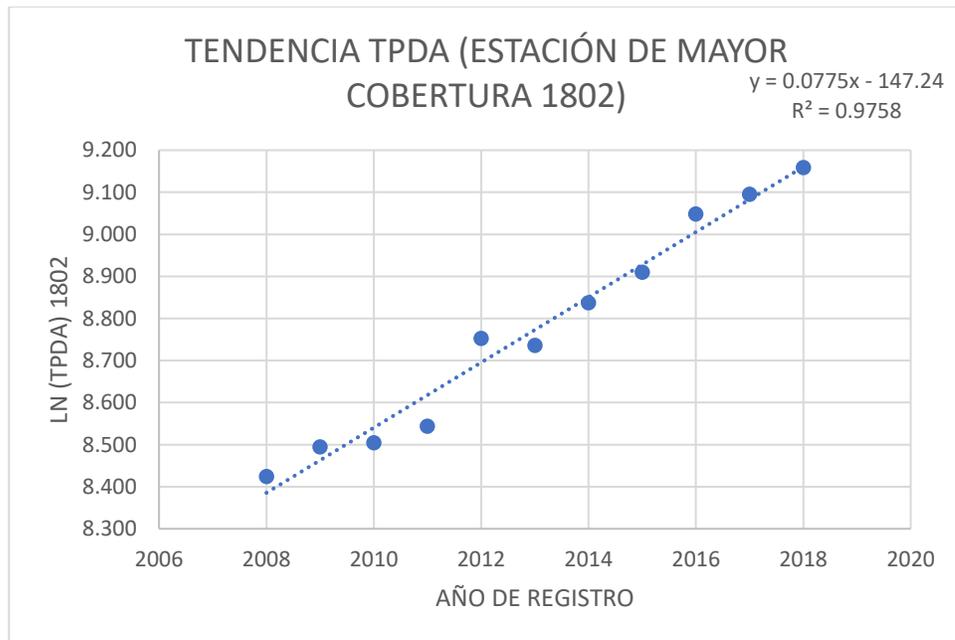
Gráfica 3: Tendencia de la ECD 3503.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la gráfica 3, en la página anterior TPDA de la estación de corta duración se obtuvo un coeficiente de correlación $R = 1$, lo cual indica que tiene una excelente correlación del 100%, y una tasa de crecimiento del 2.1% anual.

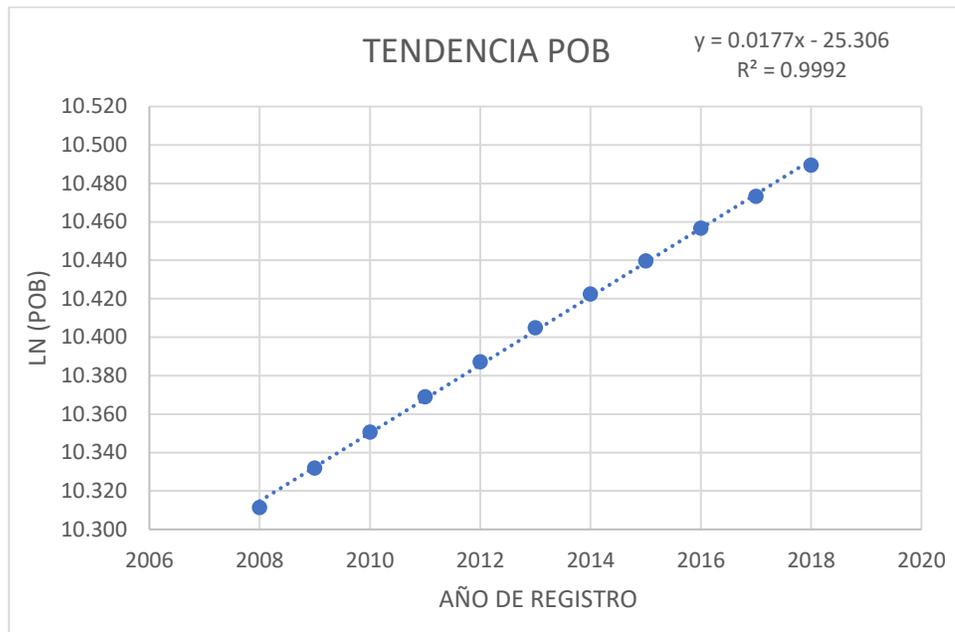
Gráfica 4: Tendencia de la EMC 1802.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 4 de la EMC se obtuvo un coeficiente de correlación $R = 0.9758$, lo cual indica que tiene muy buena correlación del 97.58%, y una tasa de crecimiento del 7.75% anual.

Gráfica 5: Tendencia del crecimiento poblacional.

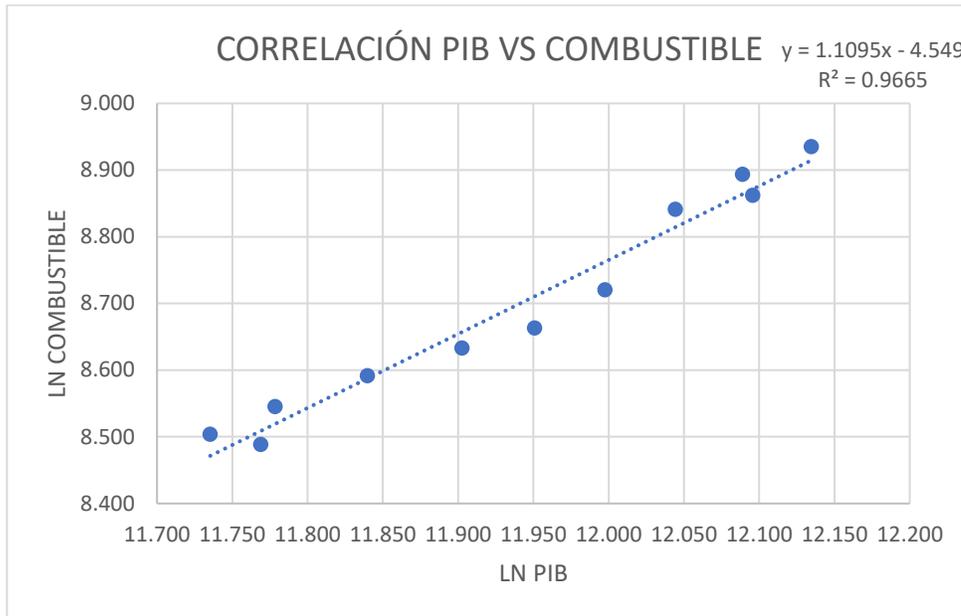


Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 5 del crecimiento poblacional se obtuvo un coeficiente de correlación $R = 0.9992$, lo cual indica que tiene excelente correlación del 99.92%, y una tasa de crecimiento del 1.77% anual.

Se analizará la correlación combinada de los datos anteriores con respecto al crecimiento del PIB, para determinar que poseen un buen coeficiente de correlación, para así proyectar una tasa de crecimiento para el tránsito final.

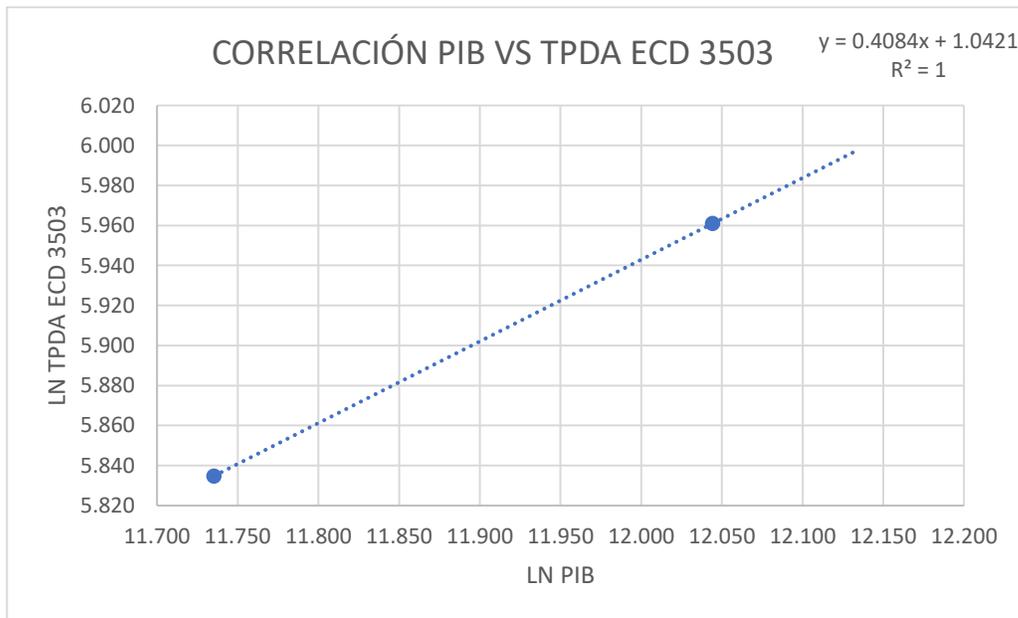
Gráfica 6: Correlación PIB vs Combustible



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 6 se encontró una correlación del PIB y el Consumo de combustible del 96.65%, lo cual demuestra que están muy relacionadas.

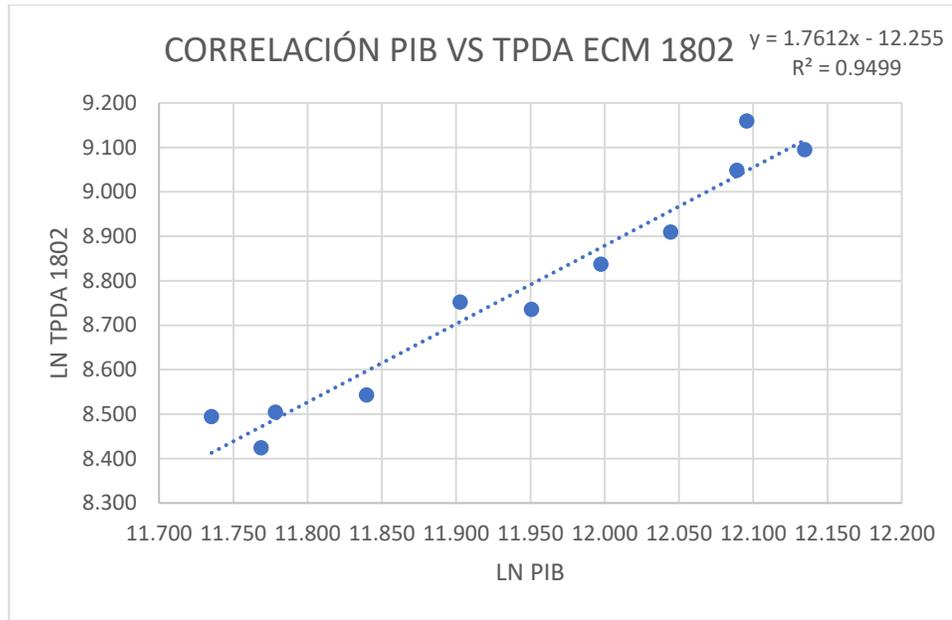
Gráfica 7: Correlación PIB vs TPDA de ECD 3503.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 7 de la página anterior, se encontró una correlación de PIB y la estación de corta duración del 1%, lo cual muestra que tienen una perfecta relación entre sí.

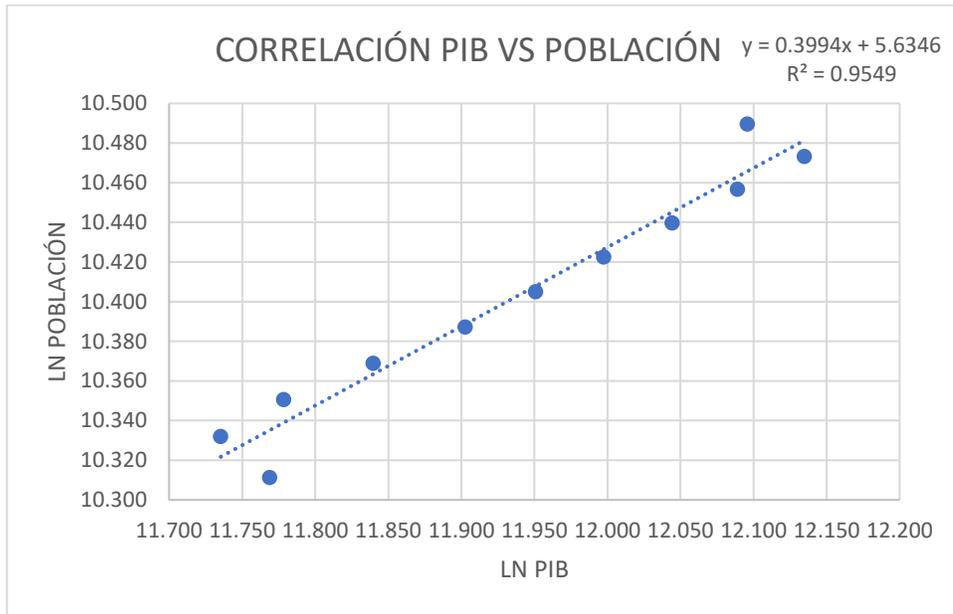
Gráfica 8: Correlación del PIB vs TPDA de EMC.



Fuente: Elaboración propia.

Se determinó una correlación del PIB y de la estación de mayor cobertura de un 94.99%, lo cual demuestra que tienen una muy buena relación entre sí.

Gráfica 9: Correlación del PIB vs población.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 9 el PIB y la población se encontró una correlación del 95.49%, lo cual demuestra que tienen una muy buena relación entre sí.

Tabla 10: Tasas de crecimiento para cada variable.

Variable	Coefficiente de correlación	Tasa de crecimiento
PIB	95.50%	4.24%
Consumo de combustible	93.37%	4.45%
TPDA EMC 1802	97.58%	7.75%
TPDA ECD 3503	100%	2.10%
Población	99.20%	1.77%

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo que indican los expertos del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI recomiendan para este tipo de casos utilizar una tasa promedio de las tres variables como PIB, POB y Consumo de Combustible, obteniendo así una tasa de **3.60%**.

2.4.6 Período de diseño.

Es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente. El período de diseño puede llegar a ser igual a la vida útil de un pavimento (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002).

Para una carretera Colectora Rural se recomienda adoptar un período de proyección entre diez y veinte años como base para el diseño.

Tabla 11: Periodos de diseño.

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

Fuente: (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, 2001).

Para este trabajo se utilizó un período de 15 años.

2.4.6.1 Proyección del tránsito.

Para calcular el Tránsito Promedio Diario Anual Total (TPDA Total), se utiliza la siguiente ecuación:

$$TPDA_T = TN + TG + TA \quad \text{Ecuación No. 11}$$

Donde:

TPDAT: Tránsito Promedio Diario Anual Total.

TN: Tránsito Normal.

TG: Tránsito generado.

TA: Tránsito Atraído.

El Tránsito Normal comprende el flujo que actúa en la carretera y crece como consecuencia de la dinámica económica del país, independiente de la mejora que se haga a la vía.

El tránsito normal se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Tn = To (1 + i)^n \qquad \textbf{Ecuación No. 12}$$

Donde:

Tn: Cantidad de vehículos para el año estimado (2035).

To: Tránsito en el año cero (2020).

i: Tasa de crecimiento anual.

n: Cantidad de años.

Ver tabla No.12 de proyección del tránsito normal en la página 33.

Tabla 12: Proyección del tráfico normal.

PROYECCION DEL TRANSITO NORMAL									TASA DE CRECIMIENTO: 3.60%				Total
Año	No.	Vehiculos de pasajeros							Vehiculos de carga				
		Motos	Automoviles	Jeep	Camionetas	McBus > 15 pas	MnBus 15 - 30	Bus > 30 pas	Lv 2-5 ton	C2 > 5 Ton	C3	Tx - Sx <= 4 Ton	
2020	0	294	2	1	75	0	0	22	5	3	1	0	404
2021	1	305	2	1	78	0	0	23	5	3	1	0	419
2022	2	316	2	1	81	0	0	24	5	3	2	0	434
2023	3	327	3	1	84	0	0	24	5	3	2	0	449
2024	4	339	3	1	87	0	0	25	5	3	2	0	465
2025	5	351	3	1	90	0	0	26	6	3	2	0	482
2026	6	364	3	1	93	0	0	27	6	3	2	0	500
2027	7	377	3	1	97	0	0	28	6	3	2	0	517
2028	8	390	3	1	100	0	0	29	6	4	2	0	536
2029	9	404	3	1	104	0	0	30	6	4	2	0	555
2030	10	419	3	1	107	0	0	31	7	4	2	0	575
2031	11	434	3	1	111	0	0	32	7	4	2	0	596
2032	12	450	3	1	115	0	0	34	7	4	2	0	618
2033	13	466	4	1	119	0	0	35	7	4	2	0	640
2034	14	483	4	1	124	0	0	36	8	4	2	0	663
2035	15	500	4	1	128	0	0	37	8	5	2	0	687

Fuente: Elaboración propia.

Según el libro “Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones de Rafael Cal y Mayor”, (7ª. Edición, página 188). Indica que al Tránsito Generado se le asignan tasas de incremento entre el 5 y 25% del Tránsito Actual, con un período de generación de uno o dos años después de que la carretera ha sido abierta al servicio. Para este proyecto se asignará una tasa del 5% para Tránsito Generado, considerando que es muy reducida la posibilidad de un incremento notable en la producción agrícola y comercial de este sector. Ver resultados del tráfico generado en página 34, tabla 13.

Tabla 13: Proyección del tránsito generado.

PROYECCION DEL TRANSITO GENERADO		PERIODO DE GENERACIÓN: 2 AÑOS							TASA DE CRECIMIENTO: 5%				
Año	No.	Vehiculos de pasajeros							Vehiculos de carga				Total
		Motos	Automoviles	Jeep	Camionetas	McBus > 15 pas	MnBus 15 - 30	Bus > 30 pas	Lv 2 - 5 Ton	C2 > 5 Ton	C3	Tx - Sx <= 4Ton	
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	2	15.8	0.1	0.0	4.0	0.0	0.0	1.2	0.3	0.1	0.1	0.0	22
2023	3	16.4	0.1	0.0	4.2	0.0	0.0	1.2	0.3	0.2	0.1	0.0	22
2024	4	16.9	0.1	0.0	4.3	0.0	0.0	1.3	0.3	0.2	0.1	0.0	23
2025	5	17.6	0.1	0.1	4.5	0.0	0.0	1.3	0.3	0.2	0.1	0.0	24
2026	6	18.2	0.1	0.1	4.7	0.0	0.0	1.4	0.3	0.2	0.1	0.0	25
2027	7	18.8	0.1	0.1	4.8	0.0	0.0	1.4	0.3	0.2	0.1	0.0	26
2028	8	19.5	0.2	0.1	5.0	0.0	0.0	1.5	0.3	0.2	0.1	0.0	27
2029	9	20.2	0.2	0.1	5.2	0.0	0.0	1.5	0.3	0.2	0.1	0.0	28
2030	10	20.9	0.2	0.1	5.4	0.0	0.0	1.6	0.3	0.2	0.1	0.0	29
2031	11	21.7	0.2	0.1	5.6	0.0	0.0	1.6	0.3	0.2	0.1	0.0	30
2032	12	22.5	0.2	0.1	5.8	0.0	0.0	1.7	0.4	0.2	0.1	0.0	31
2033	13	23.3	0.2	0.1	6.0	0.0	0.0	1.7	0.4	0.2	0.1	0.0	32
2034	14	24.1	0.2	0.1	6.2	0.0	0.0	1.8	0.4	0.2	0.1	0.0	33
2035	15	25.0	0.2	0.1	6.4	0.0	0.0	1.9	0.4	0.2	0.1	0.0	34

Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo de cálculo de tránsito generado para el año 2022 (Vehículo: Motos).

$$T_{2022} = 316 * 0.05 = 15.8 \text{ VPD}$$

El Tránsito Atraído es el resultante del crecimiento esperado del tránsito, desviado de otras carreteras, a la carretera proyectada (nueva o mejorada).

En la tabla 14 se muestran los resultados del tránsito Promedio Diario Anual Total, que incluye la sumatoria del tránsito normal y tránsito Generado.

Tabla 14: Proyección del tránsito total.

PROYECCION DEL TRANSITO TOTAL													
Año	No.	Vehículos de pasajeros							Vehículos de carga				Total
		Motos	Automoviles	Jeep	Camionetas	McBus > 15 pas	MnBus 15 - 30	Bus > 30 pas	Lv 2 - 5 Ton	C2 > 5 Ton	C3	Tx - Sx < = 4 Ton	
2020	0	294	2	1	75	0	0	22	5	3	1	0	404
2021	1	305	2	1	78	0	0	23	5	3	1	0	419
2022	2	331	3	1.0	85	0.3	0	25	5	3	2	0	455
2023	3	343	3	1.0	88	0.3	0	26	6	3	2	0	472
2024	4	356	3	1.0	91	0.3	0	27	6	3	2	0	489
2025	5	369	3	1.1	95	0.4	0	28	6	3	2	0	506
2026	6	382	3	1.1	98	0.4	0	29	6	4	2	0	524
2027	7	396	3	1.2	101	0.4	0	30	6	4	2	0	543
2028	8	410	3	1.2	105	0.4	0	31	7	4	2	0	563
2029	9	425	3	1.2	109	0.4	0	32	7	4	2	0	583
2030	10	440	3	1.3	113	0.4	0	33	7	4	2	0	604
2031	11	456	4	1.3	117	0.4	0	34	7	4	2	0	626
2032	12	472	4	1.4	121	0.5	0	35	8	4	2	0	648
2033	13	489	4	1.4	125	0.5	0	37	8	5	2	0	672
2034	14	507	4	1.5	130	0.5	0	38	8	5	2	0	696
2035	15	525	4	2	135	1	0	39	8	5	3	0	721

Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo de cálculo de tránsito total para el año 2022 de la tabla 14 (Vehículo: Motos).

$$T_{2022} = 316 + 15.8 = 331 \text{ VPD}$$

El tránsito promedio diario anual (TPDA) para el año horizonte del proyecto (**2035**) será de **721** vehículos por día.

2.4.6.1 Tránsito de diseño.

El Tránsito de Diseño de la vía se obtendrá mediante la siguiente ecuación:

$$TD = T_n * FC * Fc * FD \quad \text{Ecuación No. 13}$$

Donde:

TD: Tránsito de Diseño.

FC: Factor de Crecimiento.

FD: Factor de distribución direccional.

Tn: Tránsito Actual.

Fc: Factor Carril.

2.4.6.2 Factor crecimiento.

El factor de crecimiento depende del número de años al que se proyectará el Tránsito, la tasa del incremento anual vehicular, además refleja la medida en que aumentará el flujo de vehículos.

$$FC = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} * 365 \quad \text{Ecuación No. 14}$$

$$FC = \left[\frac{(1 + 0.036)^{15} - 1}{0.036} * 365 \right] = 7095$$

Donde:

FC: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento del Tránsito (%). = 3.6% =0.036

n: Período de diseño (años). n= 15 años

365: Días del año.

2.4.6.3 Clasificación funcional.

La clasificación funcional es el proceso por el cual las carreteras y calles son agrupadas en clases, o sistemas, de acuerdo a las características de servicio al tráfico que se intente proveer.

La clasificación funcional de la vía en estudio, se establece a partir del volumen y composición del tránsito proyectado TPDA2035 en el año horizonte.

El cual se obtuvo un TPDA de 721 VPD, por lo que este tramo clasifica como colector menor rular.

Tabla 15: Clasificación de 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 de Normas para el Diseño Geometrico de Carreteras, 2011, pág. 33).

2.4.6.4 Tránsito direccional.

Este valor se toma aplicando el criterio que aparece en la Tabla 16. En el caso de nuestro trabajo siendo un tramo de 2 direcciones, la distribución del flujo es 50% en cada dirección, por lo que el valor es 0.5.

Tabla 16: Factores de distribución direccional.

Factor de distribución por dirección	
No. De carriles en ambas direcciones	FD(%)
2	50 = 0.5
4	45 = 0.45
6 o más	40 = 0.4

Fuente: (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002, pág. 29).

2.4.6.5 Factor por distribución de carril.

Debemos considerar una referencia o un estudio específico para el proyecto y deberá usar los valores obtenidos en el mismo. Este factor se define por el carril de diseño, el cual es aquel que recibe el mayor número de ESAL'S, para un camino de dos carriles, cualquiera de las dos puede ser el carril de diseño, ya que el Tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril.

Tabla 17: Factores de distribución de carril.

Número de carriles en cada dirección	Porcentajes de ejes simples equivalentes de 18 Kip en el carril de diseño (FC')(%)
1	100 = 1
2	80 - 100 = 0.8 - 1
3	60 - 80 = 0.6 - 0.8
4 ó mas	50 - 75 = 0.5 - 0.75

Fuente: (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002, pág. 29).

2.4.7 Factor ESAL`s.

Para el cálculo del factor ESAL, se utilizan las tablas presentadas en el Apéndice D de la normativa AASHTO 93 en donde se muestran la carga en kilo libras y kilo Newton para ejes sencillos y dobles respectivamente, en función al número estructural a utilizar y el índice de serviciabilidad final, cabe mencionar que, si los pesos utilizados según el tipo de vehículo no se encuentran en las tablas de referencia, el valor debe interpolarse. **(Ver anexos, tablas 62-65, paginas IX-XII.).**

2.4.7.1 Factor de equivalencia de carga (FEC).

Es un factor numérico que relaciona el número de aplicaciones de las cargas por eje de referencia que produce el pavimento y el número requerido de aplicaciones de otra carga por eje para producir el mismo deterioro.

Para obtener los factores equivalentes de carga por tipo de vehículo, se debe conocer el tipo de pavimento del que estará compuesta la superficie de rodamiento, su peso por ejes de cada uno de los vehículos sujetos a estudio y el número estructural (SN) que compone las diferentes capas de la carretera y perdida de serviciabilidad que se presente en la carretera.

Para el tramo de este trabajo monográfico se asumió un índice de serviciabilidad final **(Pt) = 2**, por ser un tramo de bajo volumen vehicular y un valor para el numero estructural **(SN) = 5**, como lo sugiere el Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos (SIECA, 2002).

2.4.7.2 Cálculo de ESAL´s de diseño.

El ESAL de diseño, se define como la transformación de los ejes mixtos de tráfico que circulan en una vía a una cantidad equivalente de ejes cuyo peso es de 18 kilo libras en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento.

El ESAL de diseño se obtiene mediante la EC 15.

$$ESAL_{Diseño} = T_D * F_{ESAL}$$

Ecuación No. 15

Donde:

$ESAL_{Diseño}$: Cantidad de ejes equivalentes de 18 kilo libras.

T_D : Tránsito de diseño.

F_{ESAL} : Factor ESAL, según AASSHTO 93.

Tabla 18: Calculo de ESAL´s de diseño.

Periodo de Diseño: 15 años			Número estructural (SN): 5			Índice de Seviciabilidad Final (Pt): 2			
Vehiculo	Peso por eje (kip)	Tipo de eje	Tránsito actual	Factor de crecimiento (FC)	Factor direccional (FD)	Factor de Carril (F'c)	Tránsito de diseño (TD)	Factor ESAL´s	ESAL´s de diseño
Automoviles	2.2	Simple	2	7095	0.5	1	8108.725906	0.00038	3.081315844
	2.2	Simple	2	7095	0.5	1	8108.725906	0.00038	3.081315844
Jeep	2.2	Simple	1	7095	0.5	1	3040.772215	0.00038	1.155493442
	2.2	Simple	1	7095	0.5	1	3040.772215	0.00038	1.155493442
Camionetas	2.2	Simple	75	7095	0.5	1	267587.9549	0.00038	101.6834229
	2.4	Simple	75	7095	0.5	1	267587.9549	0.0034	909.7990466
McBus > 15 pas	4.4	Simple	0	7095	0.5	1	0	0.0034	0
	8.8	Simple	0	7095	0.5	1	0	0.0502	0
MnBus 15-30 pas	8.8	Simple	0	7095	0.5	1	0	0.0502	0
	17.6	Simple	0	7095	0.5	1	0	0.9206	0
Bus > 30 pas	11	Simple	22	7095	0.5	1	78046.48684	0.1265	9872.880586
	22	Simple	22	7095	0.5	1	78046.48684	2.35	183409.2441
Lv 2-5 Ton	8.8	Simple	5	7095	0.5	1	16724.24718	0.0502	839.5572085
	17.6	Simple	5	7095	0.5	1	16724.24718	0.9206	15396.34195
C2 5 Ton	11	Simple	3	7095	0.5	1	9629.112013	0.1265	1218.08267
	22	Simple	3	7095	0.5	1	9629.112013	2.35	22628.41323
C3	11	Simple	1	7095	0.5	1	5067.953691	0.1265	641.0961419
	36.3	Tándem	1	7095	0.5	1	5067.953691	1.45	7348.532852
T2 - S2	11	Simple	0	7095	0.5	1	0	0.1265	0
	11	Simple	0	7095	0.5	1	0	0.1265	0
	41.1	Tándem	0	7095	0.5	1	0	0.69325	0
ESAL´s por carril de tránsito									242374.1048

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 18, se obtuvo un ESAL´s de diseño de **242,374.1048**, el cual se utilizará para el diseño de la estructura del pavimento.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE SUELO



3.1 Estudio de suelo para carretera.

Las propiedades de los suelos pueden dividirse en dos categorías:

2. Propiedades ingenieriles de los suelos: dan una estimación de la calidad de los materiales para caminos. La calidad de los suelos para subrasantes se puede relacionar con el módulo resiliente, el módulo de Poisson, el valor soporte del suelo y el módulo de reacción de la subrasante (AASHTO, 2006).

Los estudios de suelos para carreteras deben suministrar datos suficientes del subsuelo que permitan definir las propiedades geotécnicas más importantes de los suelos y materiales por los que atraviesa el proyecto y señalar las unidades geomorfológicas a las que pertenecen. Para ello se tiene que llevar a cabo la investigación sistemática de los terrenos del trazado de la vía; junto con un estudio, más detallado, de los puntos en los que sea previsible la aparición de algún problema particular. Debe, además, suministrar información para la selección de Bancos de préstamos de materiales para terracerías, sub - base y base (Manual de Revisión de Diseño de Pavimentos, 2008).

3.1.1 Recopilación de información geológica geotécnica.

Se recopilará toda la información existente en estudios previos, así como mapas geológicos publicados por el Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER) y Fotografías aéreas de la zona en estudio para delinear las unidades geomorfológicas por la que atraviesa la carretera y definir las estructuras geológicas más importantes (Manual de Revisión de Diseño de Pavimentos, 2008).

3.1.2 Estudio geológico de superficie.

El estudio geológico de superficie debe comprender:

- 1) La descripción visual de los diferentes tipos de afloramientos de rocas, el grado de meteorización, las fallas y otros defectos que puedan detectarse en dichas rocas.

- 2) La descripción visual de los diferentes tipos de suelos.
- 3) La ubicación de fuentes de materiales a ser investigadas a fin de determinar su calidad para su posible uso en la construcción de la vía.

El estudio debe abarcar una zona suficiente amplia a ambos lados del eje de la vía propuesto que permita la identificación de las unidades geomorfológicas de dicha zona tales como cauces, áreas de inundación, desprendimientos, etc. Y señalar los puntos vulnerables donde se necesite efectuar una investigación más detallada (Manual de Revisión de Diseño de Pavimentos, 2008).

3.1.3 Exploraciones del subsuelo a lo largo del trazado de la vía y en las áreas de fuentes de materiales.

La exploración a lo largo del trazado de la vía varía según la clasificación funcional del camino a investigar y consistirá:

- 1) En caminos totalmente nuevos, estudios de prefactibilidad, estudios de factibilidad, caminos de penetración (caminos rurales) se harán, como mínimo, cuatro (4) sondeos manuales por kilómetro, con una distancia entre sondeos de 250 metros, con una profundidad de 1.2 a 1.5 metros. En Caminos que serán adoquinados la cantidad de sondeos será de cuatro por kilómetro con una profundidad de 1.50 metros.
- 2) En caminos que en que la capa de rodamiento será de mezcla asfáltica o de concreto hidráulico la distancia entre sondeos será de 100 metros (10 sondeos por kilómetro), con una profundidad de 1.50 metros. La profundidad de los sondeos, estará referida al nivel de la subrasante proyectada para cada tipo de camino a investigar.
- 3) En todos los casos se debe registrar la profundidad del nivel freático, en caso de encontrarlo. De igual manera, en todos los casos, de encontrarse problemas de filtraciones o nivel freático alto, o bien suelos muy arcillosos o con diferencias notorias en las características de los estratos entre sondeos contiguos, la separación entre sondeos puede ser menor a fin de definir el área afectada por dichas características, pero como mínimo se hará un sondeo

adicional entre sondeos. Así mismo en áreas en donde se encuentre suelo blando, fango o suelos orgánicos expansivos, los sondeos podrán tener distancias menores y mayor profundidad a fin de determinar la potencia de dichos estratos. Si encuentran estratos rocosos, la profundidad de los sondeos puede ser menor, si la continuidad de dichos estratos se garantiza a la profundidad alcanzada.

- 4) Se tomarán muestras de los estratos encontrados, en cada sondeo, las que serán trasladadas al laboratorio para su análisis correspondiente. Se tomarán muestras para determinar el valor soporte CBR (California Bearing Ratio) en el laboratorio a una distancia que dependerá del tipo de camino proyectado.
- 5) En Carreteras asfaltadas existentes la cantidad de sondeos a realizar varía según las características de los estratos que conforman la estructura de pavimento, pero como regla general se efectuarán cuatro (4) por kilómetro.
- 6) Las muestras para ensayos de CBR se tomarán a cada 2 kilómetros en las capas de Sub-base y Base o cuando cambie el material y a cada un (1) kilómetro en la subrasante.
- 7) Se hará un levantamiento detallado de daños superficiales, en el que por observación visual se indicará los tramos con hundimientos de Sub-base y Base, así como fallas en taludes de corte y terraplenes.
- 8) Se harán mediciones de reflectometría en cada carril a distancias no mayores de 100 metros (Manual de Revisión de Diseño de Pavimentos, 2008).

3.1.4 Exploración de áreas de fuentes de materiales.

En las áreas de ubicación de fuentes de materiales se deben realizar:

Excavaciones a cielo abierto de 1.5 x 1.5 x 3.0 metros. La cantidad de excavaciones dependerá de la homogeneidad de la fuente de material, pero no deberá ser menor de tres (3) para caminos de prefactibilidad, estudios de factibilidad, caminos nuevos, caminos de penetración (rurales) y adoquinados, y no menor de cinco (5) en caminos con capa de rodamiento de mezcla asfáltica o

de concreto hidráulico. Se tomarán muestras de cada capa encontrada en las excavaciones (Manual de Revisión de Diseño de Pavimentos, 2008).

3.1.5 Propiedades iniciales de los suelos.

Las propiedades de los suelos de subrasante son uno de los datos más importantes en el diseño de un pavimento. Estas propiedades siempre estarán presentes, aunque cambien mediante tratamientos especiales tales como estabilización, compactación, entre otros. Para conocer estas propiedades es necesario un muestreo muy amplio que abarque toda la traza, del proyecto. Las probetas se llevan a laboratorio para ser ensayadas (granulometría, humedad, límites de atterberg, contenido de humedad óptimo, CBR y clasificación). Todos estos datos se vuelcan en el perfil edafológico donde se indican los distintos tipos de suelo y su profundidad. También se confecciona una plantilla que, junto con el perfil edafológico, constituyen una herramienta fundamental para el comienzo del proyecto (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006, pág. 60).

3.1.6 Clasificación de suelos AASHTO.

La clasificación de suelos es un indicador universalmente aceptado de las propiedades físicas de los suelos. La clasificación que mejor se adapta para reflejar las propiedades de un suelo como subrasante es la de la AASHTO. Sus variables de entrada son la granulometría y plasticidad.

En general un suelo, de acuerdo a su granulometría, se divide en:

- Grava: tamaño < 76.2 mm (3") hasta tamiz No. 10 (2 mm),
- Arena gruesa: tamaño < 2 mm, tamiz No. 10 hasta tamiz No. 40 (0.425 mm),
- Arena fina: tamaño < 0.425 mm tamiz No. 40 hasta tamiz No. 200 (0.075 mm),
- Limos y arcillas tamaños menores de 0.075 mm (pasa tamiz 200).

Según AASHTO, un suelo fino es aquel que tiene más del 35 % que pasa el tamiz No. 200 y se denominan comúnmente: A-4; A-5; A-6 o A-7 (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006, pág. 61).

3.1.7 Método del valor soporte californiana (CBR).

Este método usa las características de carga - deformación de la subrasante, sub base y base y en forma empírica los relaciona con los espesores totales del pavimento, capa de rodadura, base y capas subyacentes.

El CBR es la relación existente entre una carga que produce una deformación de 0.1 pulgada (2.5 milímetros) en el material en cuestión y la carga que produce esa misma deformación en una muestra patrón que es un material granular de excelente calidad que se asume como 100% (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006, pág. 3).

3.1.8 Trabajo de laboratorio.

Los ensayos de laboratorio correspondientes al estudio de suelos para carreteras se realizarán conforme a las normas AASHTO o ASTM y serán los siguientes:

- a) Clasificación visual de todas las muestras.
- b) Ensayes de muestras representativas (análisis del orden del 33% del total de las muestras) provenientes de los sondeos efectuados a lo largo del trazado de la vía proyectada, para su clasificación (Manual de Revisión de Diseño de Pavimentos, 2008).
- c) Ensayes de clasificación (granulometría y límites de consistencia) en muestras provenientes de las fuentes de materiales.

Tabla 19: Tipos de ensayos.

Tipo de Ensaye	Designación	
	AASHTO	ASTM
Análisis Granulométrico de los Suelos	T-88	D-422
Límite líquido de los Suelos	T-89	D-423
Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos	T-90	D-424
Clasificación Highway Research Board, o clasificación AASHTO	M-145	D-3282
Humedad Natural		D-2216
CBR (California Bearing Ratio)	T-193	D-1883
Pesos Volumétricos		C-29
Desgaste Los Ángeles en muestras de materiales para Base	T-104	C-131

Fuente: Manual para la revisión de estudios geotécnicos (MTI 2008), pág.8

Tabla 20: Ensayes en muestras para agregados de concreto o mezcla asfáltica.

Tipo de Ensaye	Designación	
	AASHTO	ASTM
Análisis Granulométrico	T-88	C-136
Pesos Volumétricos	T-19	C-29
Desgaste Los Ángeles en muestras de materiales para Base	T-96	C-131
Sanidad (Intemperismo con Sulfato de Sodio)	T-104	C-88
Densidad	T-84 y T-85	C-127 y C-128
Absorción	T-84 y T-85	C-127 y C-128
Materia Orgánica (Arenas para Concreto)	T-21	C-40
Adherencia Asfáltica (Agregado para mezcla Asfáltica)	T-182	D-1664

Fuente: Manual para la revisión de estudios geotécnicos (MTI 2008), pág.9

3.2 Trabajo de campo.

Las muestras obtenidas en el campo, fueron realizadas por medio de sondeos manuales, las cuales fueron trasladadas al laboratorio de suelo de DYSCONSA (Diseño y Supervisión, Control y Calidad). Ubicado en la ciudad de Managua, para realizar en ellas los ensayos requeridos para conocer y determinar sus propiedades mecánicas, clasificar las mismas y conocer su capacidad de soporte. **(Ver anexos, fotografías 3-8, paginas XVIII-XV).**

De esta manera, a cada muestra obtenida en los sondeos se les practicaron los siguientes ensayos:

Tabla 21: Ensayos realizados en el laboratorio.

No.	Prueba	Norma ASTM
1	Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM C136 y C117
2	Límites de Atterg	ASTM D 4318
3	Clasificación SUCS	ASTM D 2487
4	Peso Volumétrico Seco Suelto	ASTM C 29
5	Proctor Estandar	ASTM D 698
6	CBR	ASTM D 1883

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1 Sondeos manuales.

Con el propósito de conocer las condiciones y características del subsuelo a lo largo de los tramos en estudio, se realizó sondeos manuales con una profundidad máxima de 1.50 metros cada uno, los que se distribuyeron de forma racional en todos los tramos en estudio, ubicándose de manera alterna a la izquierda y derecha del eje central.

Tabla 22: Ubicación de sondeos manuales, con sus coordenadas (Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator) WGS 84.

Sondeo	Coordenadas UTM X	Coordenadas UTM Y	Elevación (m)
Sm-1	588564	1471796	910
Sm-2	588905.64	1472107.75	918.027
Sm-3	589173.34	1472450.91	994.515
Sm-4	589579.29	1472730.85	1040.719
Sm-5	590153.91	1472785.32	1085.69
Sm-6	590476.12	1472491.8	1014.113
Sm-7	590896.35	1472379.48	961.04
Sm-8	591370.2	1472681.66	930.303
Sm-9	591759.09	147236.26	889.745
Sm-10	592147.46	1472503.65	843.95
Sm-11	592399.66	1472681.66	842.04

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras obtenidas en el campo se examinaron y clasificaron, las cuales se trasladaron al laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios.

3.2.2 Resultados de ensayos.

- En el sondeo sm-1 en el estrato superior se observa desde la superficie hasta la profundidad de 0.15m, se observa un material de grava con finos, correspondiente a una grava arcillo limosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GC-GM A-1-b, la fracción fina que contiene este material es plástico.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.15m hasta la profundidad de 0.35m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava arcillosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GC A-2-4(0), con plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.35m hasta la profundidad de 0.70m, se puede observar un material de grava con finos, que corresponde a una grava arcillosa, color gris con pintas naranjas, que clasifica del tipo GC A-7-5(6), con plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.70m hasta la profundidad de 1.20m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava limosa, color café, que clasifica del tipo GM A-2-7(1), con plasticidad.

- En el sondeo sm-2 en el estrato superior se observa desde la superficie hasta la profundidad de 0.25m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava arcillo limosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GC-GM A-1-a, la fracción fina de este material es plástico.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.25m hasta la profundidad de 0.35m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava arcillosa con arena, color gris con pintas amarillas, que clasifica del tipo GC A-2-4(0), con plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.35m hasta la profundidad de 0.75m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava limosa con arena, color café oscuro, que clasifica del tipo GM A-7-5(8), con plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.75m hasta la profundidad de 1.35m, se observa un material de limos y arcillas, que corresponde a un limo de alta compresibilidad con grava, color café, que clasifica del tipo MH A-7-5(37), con plasticidad.

- En el sondeo sm-3 en el estrato superior se observa desde la superficie hasta la profundidad de 0.25m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava arcillo limosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GC-GM A-1-b, con plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.25m hasta la profundidad de 0.65m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava limosa, color café oscuro con pintas naranjas, que clasifica del tipo GM A-7-5(5), con plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.65m hasta la profundidad de 1.25m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava limo, color café claro con pintas gris, que clasifica del tipo GC-GM A-2-7(2), con plasticidad.

- En sondeo sm-4 en el estrato superior se observa de la superficie hasta la profundidad de 0.10m, se observa un material de gravas finas, que corresponde a una grava limosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GC-GM Ha-1-b, con plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.10m hasta la profundidad de 0.25m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava limosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GM A-2-4(0), con plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.25m hasta la profundidad de 0.65m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava limosa con arena, color café, que clasifica del tipo GM A-2-7(1), con plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.65m hasta la profundidad de 1.30m, se observa un material de limos y arcilla, que

corresponde a un limo arenoso de alta compresibilidad, color gris con pintas naranjas, que clasifica del tipo MH A-7-5(13), con plasticidad.

- En el sondeo sm-5 en el estrato superior se observa desde la superficie hasta la profundidad de 0.15m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava arcillo limosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GC-GM A-1-b, con plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.15m hasta la profundidad de 0.25m, se observa un material de gravas con finos, que corresponde a una grava limosa con arena, color café, que clasifica del tipo GM A-2-7(0), con plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.25m hasta la profundidad de 1.20m, se observa un material de gravas con finos, que corresponde a una grava limosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GM A-7-5(5), con plasticidad.

- En el sondeo sm-6 en el estrato superior se observa desde la superficie hasta la profundidad de 0.20m, se observa un material de gravas limpias, que corresponde a una grava pobremente graduada con arena, color gris, que clasifica del tipo GP A-1-a, con la fracción fina de este material no plástica (NP).

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.20m hasta la profundidad de 0.40m, se observa un material de limos y arcilla, que corresponde a un limo gravoso, color gris, que clasifica del tipo ML A-4(2), con plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de una profundidad de 0.40m hasta la profundidad de 1.10m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava limosa con arena, color café, que clasifica del tipo GM A-2-7(2), con plasticidad.

- En el sondeo sm-7 en el estrato superior se observa desde la superficie hasta la profundidad de 0.15m, se observa un material de gravas con finos, que corresponde a una grava arcillo limosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GC-GM A-1-b, con plasticidad,

En el estrato inferior a partir de una profundidad de 0.15m hasta la profundidad de 1.30m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava limosa con arena, color morada, que clasifica del tipo GM A-2-7(2), con plasticidad.

- En el sondeo sm-8 en el estrato superior se observa desde la superficie hasta la profundidad de 0.15m, se observa un material de gravas con finos, que corresponde a una grava arcillo limosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GC-GM A-1-b, con plasticidad.

En el estrato inferior a partir de una profundidad de 0.15m hasta la profundidad de 0.95m, se observa un material de gravas con finos, que corresponde a una grava limosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GM A-2-7(1), con plasticidad.

- En el sondeo sm-9 en el estrato superior se observa desde la superficie hasta la profundidad de 0.15m, se observa un material de grava y finos, que corresponde a una grava arcillo limosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GC-GM A-1-b, con plasticidad.

En el estrato inferior a partir de una profundidad de 0.15m hasta la profundidad de 0.30m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava limosa con arena, color café claro, que clasifica del tipo GM A-1-b.

- En el estrato inferior a partir de una profundidad de 0.30m hasta la profundidad de 1.20m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava limosa con arena, color marrón, que clasifica del tipo GM A-2-7(1), con plasticidad.
- En el sondeo sm-10 en el estrato superior se observa desde la superficie hasta la profundidad de 0.15m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava arcillo limosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GC-GM A-1-b, con plasticidad.

En el estrato inferior a partir de una profundidad de 0.15m hasta la profundidad de 1.00m, se observa un material de arenas con finos, que corresponde a una arena limosa con grava, color café claro, que clasifica del tipo SM A-2-7(2), con plasticidad.

- En el sondeo sm-11 en el estrato superior se observa desde la superficie hasta la profundidad de 0.20m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava arcillo limosa con arena, color gris, que clasifica del tipo GC-GM A-1-b, con plasticidad

En el estrato inferior a partir de una profundidad de 0.20m hasta la profundidad de 1.20m, se observa un material de grava con finos, que corresponde a una grava limosa con arena, color marrón, que clasifica del tipo GM A-2-7(1), con plasticidad.

Luego se muestran las granulometrías y Límites de Atterberg y clasificación de suelo obtenidas de cada sondeo. **(ver tabla 24).**

Tabla 23: Matriz de resultados de ensayos de sondeo.

Sondeo	Profundidad	Muestra	GRANULOMETRIA, % QUE PASA												Límites de Atterberg		G	S	F	SUCS	AASHTO	DESCRIPCION
			3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 200	LL (%)	IP (%)						
Est 0 + 000 SM-1	0.00 - 0.15 m	1	100	100	100	100	100	96	86	74	56	47	32	20	24	4	44	36	20	GC-GM	A-1-b	Grava arcillo limosa con arena, color gris.
	0.15 - 0.35 m	2	100	100	100	95	90	85	73	64	47	36	28	22	33	10	53	25	22	GC	A-2-4(0)	Grava arcillosa con arena, color gris.
	0.35 - 0.70	3	100	100	100	91	80	75	65	60	50	47	44	37	63	33	50	13	37	GC	A-7-5(6)	Grava arcillosa, color gris con pintas naranjas.
	0.70 - 1.20 m	4	100	100	100	96	88	82	70	62	44	40	36	31	50	18	56	13	31	GM	A-2-7(1)	Grava limosa, color cafe.
Est 0 + 500 SM-2	0.00 - 0.25 m	1	100	100	100	100	93	79	60	49	37	31	19	13	22	5	63	24	13	GC-GM	A-1-a	Grava arcillo limosa con arena, color gris.
	0.25 - 0.35 m	2	100	100	100	97	92	82	67	58	45	40	26	15	30	9	55	30	15	GC	A-2-4(0)	Grava arcillosa con arena, color gris con pintas amarillas.
	0.35 - 0.75 m	3	100	100	100	94	86	85	81	79	72	69	61	48	58	23	28	24	48	GM	A-7-5(6)	Grava limosa con arena, color cafe oscuro.
	0.75 - 1.35 m	4	100	100	100	100	100	100	99	98	89	89	88	84	76	36	11	5	84	MH	A-7-5(37)	Limo de alta compresibilidad con grava, color cafe.

Fuente: DYSCONCSA.

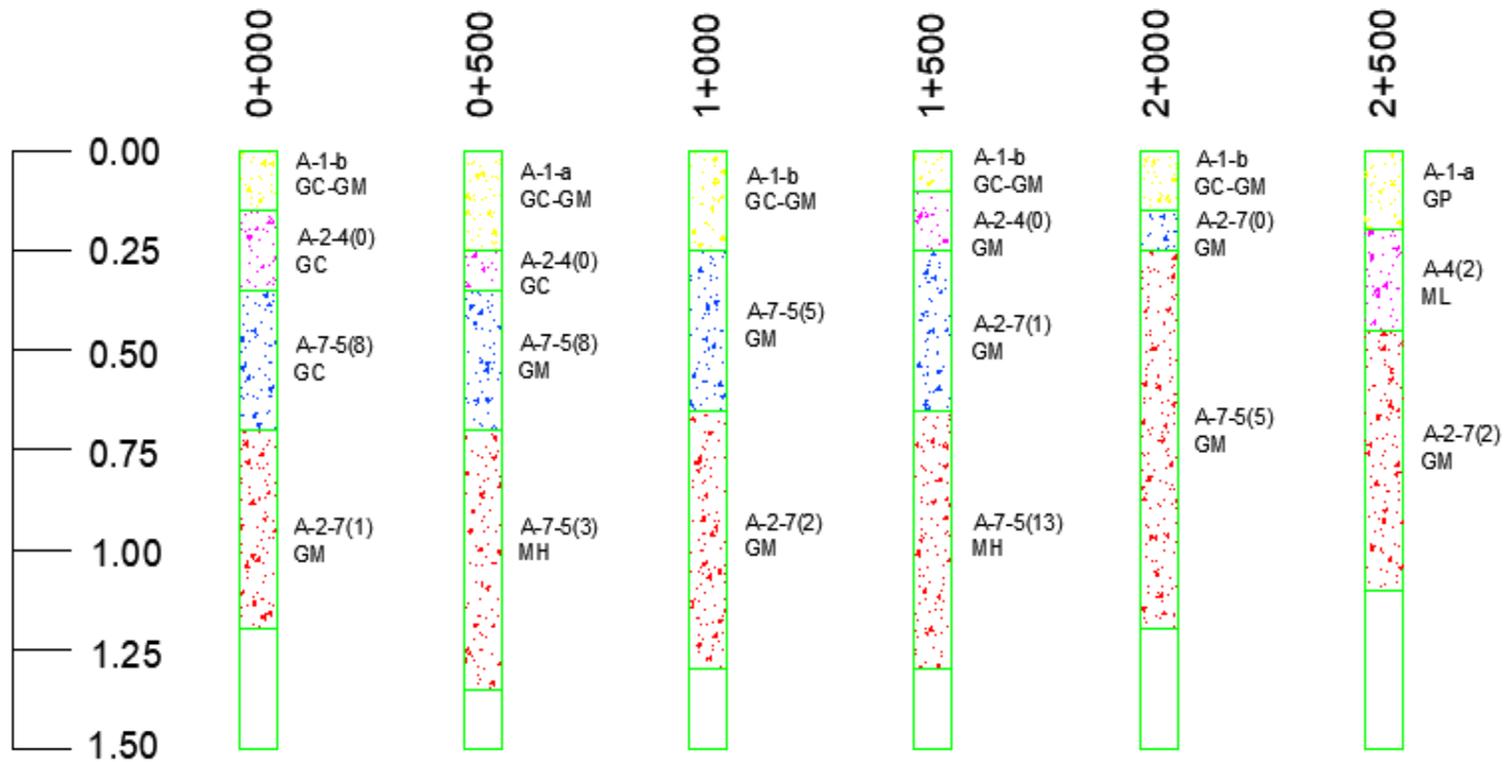
Est: 1 + 000	0.00 - 0.25 m	1	100	100	100	100	100	96	86	74	56	47	32	20	24	4	44	38	20	GC-GM	A-1-b	Grava arcillo limosa con arena, color gris.	
	SM-3	0.25 - 0.65 m	2	100	100	100	100	97	88	78	73	60	57	51	47	52	16	40	13	47	GM	A-7-5(5)	Grava limosa, color cafe oscuro con pintas naranjas.
		0.65 - 1.25 m	3	100	100	100	88	81	74	67	62	50	45	38	31	52	20	50	19	31	GM	A-2-7(2)	Grava limos, color cafe claro con pintas gris.
Est: 1 + 500	0.00 - 0.10 m	1	100	100	100	100	96	89	77	72	53	44	34	21	27	6	47	32	21	GC-GM	A-1-b	Grava arcillo limosa con arena, color gris.	
	SM-4	0.10 - 0.25 m	2	100	100	100	96	88	84	77	74	61	54	42	31	34	8	39	30	31	GM	A-2-4(0)	Grava limosa con arena, color gris.
		0.25 - 0.65 m	3	100	100	100	100	91	81	71	65	48	39	32	24	61	22	52	24	24	GM	A-2-7(1)	Grava limosa con arena, color cafe.
		0.65 - 1.30 m	4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	89	72	52	79	28	0	48	52	MH	A-7-5(13)	Limo arenoso de alta compresibilidad, color gris con pintas naranjas.
Est: 2 + 000	0.00 - 0.15 m	1	100	100	100	100	100	96	86	74	56	47	32	20	24	4	44	38	20	GC-GM	A-1-b	Grava arcillo limosa con arena, color gris.	
	SM-5	0.15 - 0.25 m	2	100	100	100	97	92	87	80	73	54	47	37	25	42	12	46	29	25	GM	A-2-7(0)	Grava limosa con arena, color cafe.
		0.25 - 1.20 m	3	100	100	100	96	94	92	89	86	63	62	56	43	53	19	37	20	43	GM	A-7-5(5)	Grava limosa con arena, color gris.
Est: 2 + 500	0.00 - 0.20 m	1	100	100	100	100	88	74	52	42	24	17	8	4	NP	NP	76	20	4	GP	A-1-a	Grava pobremente graduada con arena, color gris.	
	SM-6	0.20 - 0.40 m	2	100	100	100	100	96	93	84	78	61	61	59	57	29	6	39	4	57	ML	A-4(2)	Limo gravoso, color gris.
		0.40 - 1.10 m	3	100	100	100	100	93	86	76	69	57	47	36	30	51	21	43	27	30	GM	A-2-7(2)	Grava limosa con arena, color cafe.

Fuente: DYSCONCSA.

Sondeo	Profundidad	Muestra	GRANULOMETRIA, % QUE PASA												Límites de Atterberg		G	S	F	SUCS	AASHTO	DESCRIPCION
			3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 200	LL (%)	IP (%)						
Est: 3 + 000 5M-7	0.00 - 0.15 m	1	100	100	100	100	100	98	86	74	56	47	32	20	24	4	44	36	20	GC-GM	A-1-b	Grava arcillo limosa con arena, color gris.
	0.15 - 1.30 m	1	100	100	100	97	96	95	90	86	62	59	47	30	55	20	38	32	30	GM	A-2-7(2)	Grava limosa con arena, color morado.
Est: 3 + 500 5M-8	0.00 - 0.15 m	1	100	100	100	100	100	98	86	74	56	47	32	20	24	4	44	36	20	GC-GM	A-1-b	Grava arcillo limosa con arena, color gris.
	0.15 - 0.95 m	2	100	100	100	100	93	89	85	79	62	52	38	25	55	21	38	37	25	GM	A-2-7(1)	Grava limosa con arena, color gris.
Est: 4 + 000 5M-9	0.00 - 0.15 m	1	100	100	100	100	100	98	86	74	56	47	32	20	24	4	44	36	20	GC-GM	A-1-b	Grava arcillo limosa con arena, color gris.
	0.15 - 0.30 m	2	100	100	100	100	93	86	76	71	55	48	37	21	31	5	45	34	21	GM	A-1-b	Grava limosa con arena, color café claro.
	0.30 - 1.20 m	3	100	100	100	98	91	87	77	70	53	51	42	33	51	18	47	20	33	GM	A-2-7(1)	Grava limosa con arena, color marrón.
Est: 4 + 500 5M-10	0.00 - 0.15 m	1	100	100	100	100	100	98	86	74	56	47	32	20	24	4	44	36	20	GC-GM	A-1-b	Grava arcillo limosa con arena, color gris.
	0.15 - 1.00 m	2	100	100	100	96	93	91	84	82	73	71	59	35	52	19	27	38	35	SM	A-2-7(2)	Arena limosa con grava, color café claro.
Est: 5 + 000 5M-11	0.00 - 0.20 m	1	100	100	100	100	100	98	86	74	56	47	32	20	24	4	44	36	20	GC-GM	A-1-b	Grava arcillo limosa con arena, color gris.
	0.20 - 1.20 m	2	100	100	100	98	91	87	77	70	53	51	42	33	51	18	47	20	33	GM	A-2-7(1)	Grava limosa con arena, color marrón.

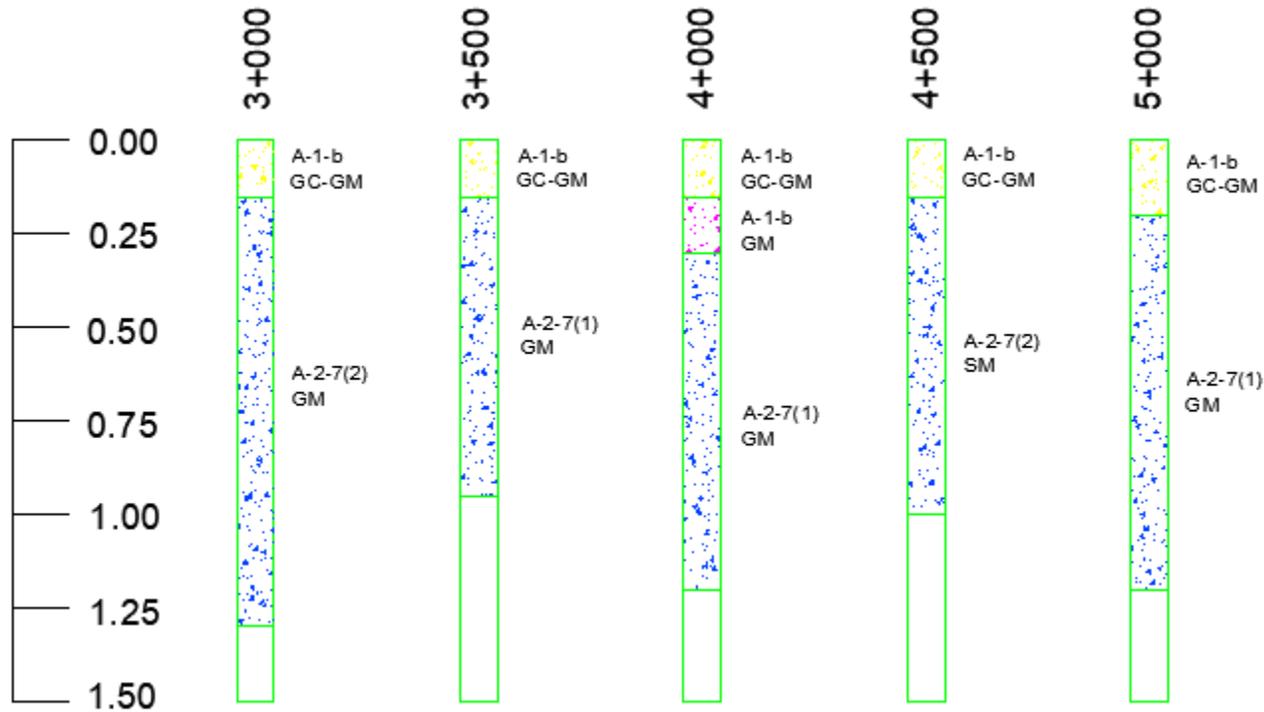
Fuente: DYSCONCSA.

Gráfica 10: Columnas estratigráficas de la estación 0+000 a estación 2+500.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 11: Columnas estratigráficas de la estación 3+000 a estación 5+000.



Fuente: Elaboración propia.

a continuación, se muestran los CBR obtenidos. **(Ver resultados completos de Proctor y CBR en anexos, Tabla 66-69, páginas XVI-XXVIII).**

De los 11 sondeos que se realizaron sobre la línea solamente se tomaron en cuenta los sondeos 1, 5,7 y 9 por motivos de que el suelo presentaba las mismas características, entonces en el laboratorio se despreciaron las otras muestras y solamente a cuatro sondeos se le realizó la prueba del CBR.

Tabla 24: CBR de diseño.

CBR de sondeos en línea								
Sondeo	Profundidad	Muestra	Penetración		CBR			Clasificación
N°	En metros	N°	0.10 in	0.20 in	90%	95%	100%	AASHTO
Estación 0 + 000								
Sm-1	0.70 - 1.20	1	13.9	13.7		4.9		A-2-7(1)
		2	7.6	9.3				
		3	5.1	4.9				
Estación 2 + 000								
Sm-5	0.25 - 1.20	1	14.3	14.8		5.1		A-7-5(5)
		2	9.8	9.5				
		3	5.7	5.1				
Estación 3 + 000								
Sm-7	0.15 - 1.30	1	15.2	16.9		3.8		A-2-7(2)
		2	11.4	11.8				
		3	4.1	3.8				
Estación 4 + 000								
Sm-9	0.30 - 1.20	1	17.7	17.9		6.1		A-2-7(1)
		2	11.1	10.1				
		3	6.7	6.1				

Fuente: Empresa DYSCONCSA.

3.3 Bancos de materiales.

Con el fin de garantizar un diseño estructural adecuado, al tramo en estudio, se localizaron fuentes de materiales que pudieran ser usados durante la construcción del pavimento. Para este proyecto se localizaron directamente los bancos de materiales: Banco 1 “La Morena”, Banco 2 “Los Chilares”, el primero ubicado a 2 kilómetros de Yalí camino hacia La Rica y el segundo se encuentra a 8 kilómetros de Yalí, camino hacia La Rica, son bancos muy cercanos al sitio del proyecto

aparte de ser los bancos que presentan mejores características para el diseño de espesores de pavimento.

3.4 Estudio de laboratorio para bancos.

A las muestras se le realizaron los ensayos básicos necesarios para su clasificación y análisis, para tal efecto se utilizaron los procedimientos establecidos por las Normas de la A.S.T.M. las que se presentan a continuación:

3.4.1 Banco de préstamo # 1 La Morena.

Se localiza a 2 kilómetros de Yalí, camino hacia La Rica. El propietario de este banco es el Sr. José Pastora. El volumen aproximado de este banco es de 25,000 m³, este banco ha sido usado.

El material de este banco corresponde principalmente a una arena con limo y grava tipo A-1-a (0) color café claro. No posee límite líquido ni índice de plasticidad, y sus partículas pasan 70% el tamiz de 1 1/2", 23% el tamiz No.4, y 9% el tamiz No.200. El PVS máx. Es de 1,990 kg/m³, su Humedad Optima de 13.8%, su PVSS es de 1,378 kg/m³, el PVSC de 1,488 y su Factor de Abundamiento de 1.32. El resultado de ensayo de CBR en muestras saturadas y compactadas al 90,95 y 100% Proctor Modificado, es de 64, 83.4 y 96% respectivamente. Este material tiene 48% de Desgaste Los Ángeles y 12% de Intemperismo Acelerado.

3.4.2 Banco de préstamo # 2 Los Chilares.

Se localiza a 8 kilómetros del pueblo de Yalí, camino hacia la Rica.

El propietario de este banco es el Sr. Jorge Luis Rugama Herrera. El volumen aproximado de este banco es de 38,000 m³. Este banco ha sido usado.

El material de este banco corresponde principalmente a arena arcillosa con grava de baja compresibilidad tipo A-2-6 (0). Con índice de grupo cero, color café oscuro, posee 38% de límite líquido, 14% de índice de plasticidad, sus partículas pasan 100% el tamiz de 2", 49% el tamiz No.4, y 9% el tamiz No.200. El PVS máx. es de 1,811 kg/m³ su Humedad Optima de 12.3%, su PVSS es de 1,410 kg/m³ el PVSC de 1,537 y su factor de Abundamiento de 1.40. El resultado de ensayo de CBR en muestras saturadas y compactadas al 90,95 y 100% Proctor Modificado, es de 43,

61 y 72%, respectivamente. Este material tiene 28% de Desgaste los Ángeles y 7% de Intemperismo Acelerado.

Los materiales obtenidos de los Bancos de Préstamo identificados, de acuerdo con las exploraciones realizadas y a los ensayos de laboratorio efectuados por el laboratorio EDICO, presentan de manera resumida las siguientes características físicas mecánicas. **(ver tabla 25).**

Tabla 25: Características de los bancos de préstamos identificados.

No. Del Banco	% que pasa por tamiz									LL (%)	I.P.(%)	Clasif. AASHTO	CBR al 95%
	2"	1½"	1"	¾"	3/8"	#4	#10	#40	#200				
Nº1			100	84	70	48	14	7	2		NP	A-1-a (0)	83.4
Nº2	100	99	91	84	77	71	62	43	31	37	9	A-2-6 (0)	61
Observaciones: LL = Limite Líquido, I.P = Índice de Plasticidad													

Fuente: Alcaldía municipal de Yalí.

3.5 Consideraciones para elección del banco a utilizar.

3.5.1 Consideraciones para la base.

Esta es la capa que se encuentra colocada por debajo de la carpeta de rodamiento, por lo que su ubicación muy cercana a la aplicación de las cargas se requiere materiales de gran calidad y resistencia. Por lo tanto, deben de cumplir las especificaciones que se muestran. **(Ver tabla 26).**

Tabla 26: Especificaciones de materiales empleados en una Base-Granular.

Propiedad	Limites	Norma de Prueba
Limite líquido	25% Max.	AASHTO T-89
Limite plástico	10% Max.	AASHTO T-90
C.B.R	80% Min.	AASHTO T-193
Desgaste de los Ángeles	50% Max.	AASHTO T-96
Intemperismo Acelerado	12% Max.	AASHTO T-104
Compactacion	95% min. del peso volumetrico seco max. Obtenido por medio de la prueba Pròctor modificado.	AASHTO T-191 y/o T-238

Fuente: Especificaciones Nic-2000. Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (b).

3.5.2 Consideraciones para la sub base.

Esta se puede definir como aquella capa que se coloca por debajo de la capa base y está alejada de las cargas que resiste directamente la capa de rodamiento, no se requieren materiales de gran resistencia como los de la capa base, por lo que su módulo de elasticidad es menor. Debe de cumplir las especificaciones mostradas. **(Ver tabla 27).**

Tabla 27: Especificaciones de materiales empleados en una base-granular.

Nº	Propiedad	Limites	Norma de Prueba
1	Limite liquido	25% Máx.	AASHTO T-89
2	Limite Plástico	10% Máx.	AASHTO T-90
3	C. B. R	40% Mín.	AASHTO T-193
4	Desgaste de los Ángeles	50% Máx.	AASHTO T-96
5	Intemperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
6	Compactación	95% mín. del peso volumétrico seco máx.	AASHTO T-191 y/o T-
		obtenido por medio de la prueba Proctor	238

Fuente: Especificaciones Nic-2000. Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (a).

3.6 Banco de materiales propuestos para la Capa Base.

El Banco de préstamo #1 posee el CBR más alto de los bancos identificados que es de 83.4% al 95% Proctor modificado, se utilizó para hacer la comparativa con los requerimientos mínimos de la Nic-2000, que debe cumplir un banco para utilizarse como base. **(ver tabla 28, pag.62).**

Tabla 28: Requerimientos mínimos para la Capa-Base.

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco N° 1	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste Los Ángeles	Màx. 50%	48%	Cumple
Intemperismo Acelerado	Màx. 12%	12%	Cumple
Indice de plasticidad	Màx. 10%	No posee	Cumple
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80%	83.40%	Cumple

Fuente: (Especificaciones Generales Para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes NIC 2000, 2000).

De acuerdo a la Tabla 28 página 63 el banco de préstamo “La Morena” se puede utilizar como fuente de material para la capa base, debido a que el parámetro del ensayo CBR al 95% Proctor modificado es mayor al 80%, que es el mínimo permitido por las especificaciones Nic-2000. Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (a).

El banco de préstamo “La Morena” cumple con el ensayo de desgaste de los ángulos, ensayo de Intemperismo acelerado y con los requisitos de graduación según la sección 1003.10 de la NIC 2000, **(ver tabla 29)**.

Tabla 29: Requisitos de Graduación de Agregados (Banco #1).

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco N° 1	Valoración
75	100	100	Cumple
4.75	30-70	30	Cumple
0.075	0-15	9	Cumple

Fuente: (Especificaciones Generales Para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes NIC 2000, 2000).

3.7 Banco de materiales propuesto para la capa Sub Base.

El material de subbase deberá ser seleccionado y tener mayor valor de soporte (C.B.R) que el material de sub rasante y su espesor será variable según las condiciones y debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC. 2000.

El banco #2 posee el CBR más bajo que el #1 identificado que es de 61%, al 95% Proctor modificado, se utilizó para hacer la comparativa con los requerimientos mínimos de la NIC-2000, que debe cumplir un banco para poder utilizarse como subbase. (Ver Tabla 30).

Tabla 30: Requerimientos mínimos para la Capa Sub-Base.

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco N° 2	Valoración
Graduacion	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste Los Angeles	Max. 50%	28%	Cumple
Interperismo Acelerado	Max. 12%	7%	Cumple
Índice de plasticidad	Max. 10%	14%	No cumple
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180)	Min. 40% para Sub-Base	61%	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

De acuerdo a la Tabla 31 el Banco de préstamo #2 se puede utilizar como fuente de material para la capa Sub-base, debido a que el parámetro del ensayo CBR al 95% Proctor modificado del banco es mayor a 40%, que es el mínimo permitido por la NIC 2000, así mismo no cumple con el ensayo índice de plasticidad.

Tabla 31: Requisitos de graduación de agregados (Banco#2).

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco N° 2	Valoración
75	100	100	Cumple
4.75	30-70	49	Cumple
0.075	0-15	14	Cumple

Fuente: (Especificaciones Generales Para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes NIC 2000, 2000).

3.8 Elección de los bancos a utilizar para la Base y Sub-base.

Como fuente de material para capa base cumple el banco de préstamo #1 ya que el CBR al 95% Proctor modificado cumple con el mínimo permitido según las especificaciones de la Nic-2000 Sección: 1003.09 (a y b). este banco también cumple con los ensayos de desgaste de los ángeles, Intemperismo acelerado, graduación e índice de plasticidad.

Cabe destacar que el banco de préstamo La Morena posee el CBR al 95% Proctor modificado más alto de los dos bancos identificados (83.4%), este banco según los ensayos realizados aplica para utilizarse como material para la capa base y subbase. **(Ver tabla 32)**

Como fuente de material para la capa Sub-base se puede utilizar el Banco #2, debido a que su resistencia (CBR), se ajusta a las normas mínimas establecidas según la Nic-2000 para ser utilizado como capa subbase. Este banco también cumple con los ensayos de desgaste de los ángeles, Intemperismo acelerado, graduación e índice de plasticidad.

Tabla 32: Banco de material a utilizar para la Base / Sub-base.

Banco de Diseño	Capa	Condición
Banco La Morena	Para Base	compactado al 95% Próctor Modificado
Banco Los Chilares	Para Sub-base	compactado al 95% Próctor Modificado

Fuente: Elaborado por sustentantes.

Se decidió utilizar el banco de préstamo #1 La Morena, para la capa base granular y el segundo banco de préstamo Los Chilares para la capa sub base por poseer buenas características físico mecánicas, por otra parte, debido a su ubicación y por la cercanía al proyecto que genera un ahorro a los costos de dicha construcción de la vía.

3.9 Determinación del CBR de diseño.

El Ensayo CBR (California Bearing Ratio): Ensayo de Relación de Soporte de California, mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y sirve para poder evaluar la calidad del terreno para sub rasante, sub base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad, y esta normado por la ASTM-D1883 y por la AASHTO T-193. Para la aplicación de este ensayo las muestras se sometieron a saturación por un periodo de 96 horas de anticipación.

La Metodología para la determinación del CBR de Diseño consiste en:

- 1). Identificar los Valores utilizar en el diseño del CBR, los cuales son todos los valores que se encuentran debajo de la línea de la Sub rasante.
- 2). Ordenar los Valores de Menor a Mayor, se determina la frecuencia de cada uno de ellos y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno.
- 3). Se dibuja un gráfico que represente los valores de CBR contra los porcentajes calculados y con la curva que se obtenga, se determina el CBR con el percentil que corresponda, dependiendo del número de ejes equivalentes en el carril de diseño.

3.10 Identificación de la Sub-Rasante.

La sub rasante es la capa de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no sea afectada por las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Aplicando el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR de Diseño, el cual recomienda tomar un valor adecuado ya sea de 60%, 75% o el 87.5%, de los valores individuales obtenidos sean iguales o mayores que él de acuerdo con el tránsito que se espera que circule por el pavimento.

Tomando en cuenta que el **ESAL's es de 242,374.1048** por tanto para nuestro diseño utilizaremos un percentil de 75.00%.

Tabla 33: Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de diseño.

Cargas equivalentes totales (ESAL´ s)	Percentil de diseño (%)
< de 10,000 Esal´ s	60
Ente 10.000 y 1.000.000 de Esal´ s	75
> 1,000,000 de Esal´ s	87.5

Fuente: (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006).

Para nuestro diseño se eligió el percentil de Diseño 75% ya que el capítulo tránsito se obtuvo un valor de 242,374.1048 repeticiones.

El valor de CBR de la sub rasante es el más importante de definir, dado que a través de este se obtendrá el valor del Módulo de Resiliencia (MR) a ser utilizado en el diseño. Con los valores CBR y porcentaje de valores se dibuja un gráfico donde se determina el CBR de diseño para sub rasante.

De acuerdo con el ESAL´ s, determinado en el estudio de tránsito de este proyecto, y sabiendo que éste será de 242,374.1048; se tomó un valor percentil para el diseño de sub rasante según lo muestran los Gráfica 12, pág. 68 que es de 75.00% de los valores mayores o iguales, el cual se interceptó con la curva de los valores de CBR, para encontrar el CBR de diseño de la sub rasante para el tramo.

El resultado del CBR de diseño para la sub- rasante fue de 4.9%, se establece como una muestra representativa de los valores de CBR encontrados en los sondeos de línea.

El cual de acuerdo con la clasificación de CBR de la Tabla 34, pág. 68, clasifica a la sub rasante existente como mala, ya que oscila en el rango de (0-5) como se muestra a continuación.

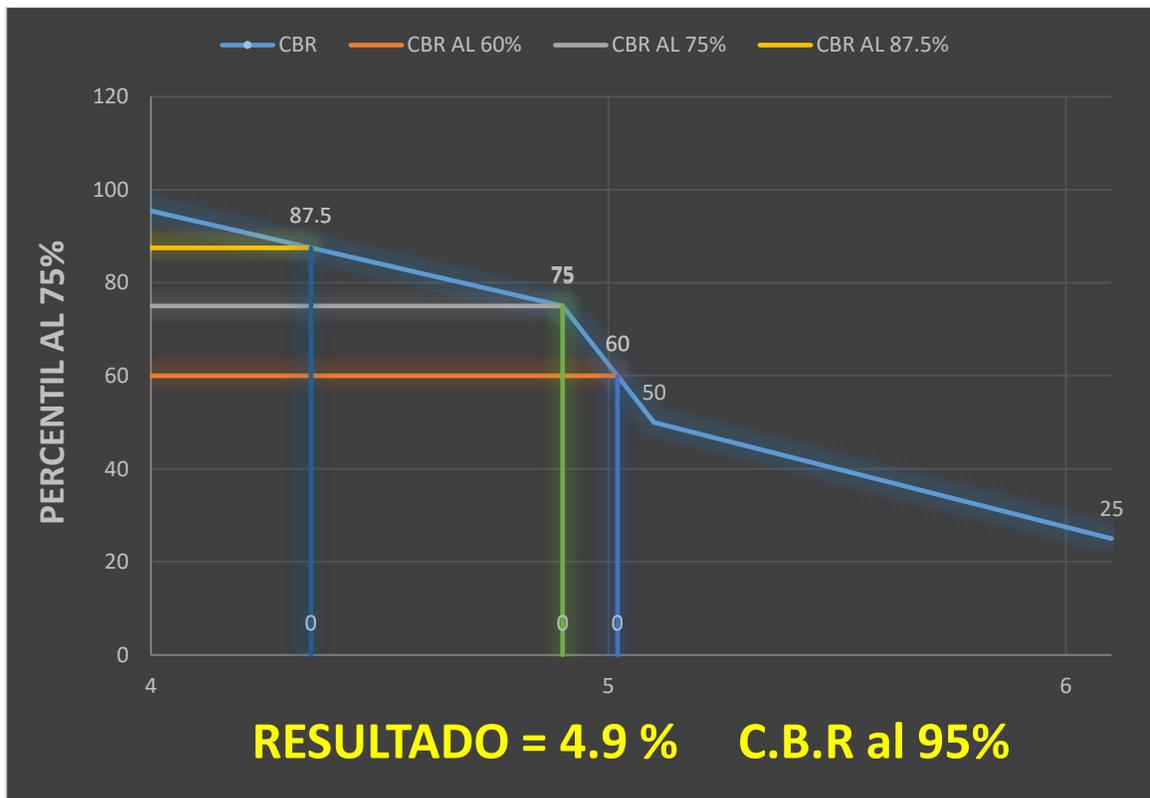
Tabla 34: Clasificación del CBR.

CBR	Clasificación
0-5	Sub rasante mala
5-10	Sub rasante regular
10-20	Sub rasante buena
20-30	Sub rasante muy buena
30-50	Sub-base buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

Fuente: (Mecánica de Suelos y Cimentaciones 5ta Edición, pág. 113).

Con los resultados de CBR más bajos seleccionados, los cuales son 4.9, 5.1, 3.8 y 6.1, mostrados en la tabla 24 se procede a generar la siguiente gráfica

Gráfica 12: Selección del CBR de diseño.



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO



4.1 Estudio topográfico.

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales (planimetría y altimetría). De "Topos" que significa lugar, y de "Grafos", descripción. Esta representación tiene lugar sobre superficies planas limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la denominación de geodesia para áreas mayores. De manera muy simple, podemos decir que para un topógrafo la Tierra es plana, mientras que para un geodesta no lo es. Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensional siendo la X y la Y competencia de la planimetría, y la Z de la altimetría.

Los mapas topográficos utilizan el sistema de representación de planos acotados mostrando la elevación del terreno utilizando líneas que conectan los puntos con la misma cota respecto de un plano de referencia, denominadas curvas de nivel, en cuyo caso se dice que el mapa es topográfico. Dicho plano de referencia puede ser o no el nivel del mar, pero en caso de serlo se hablará de altitudes en lugar de cotas. Fuente: Manual para la Revisión de Estudios Topográficos (Manual para la Revisión de Estudios topográficos, 2008).

4.1.1 Geodesia.

Es la ciencia matemática que tiene por objeto determinar la forma y dimensiones de la tierra, muy útil cuando se aplica con fines de control, es decir, para establecer la ordenación de tierras, los límites de suelo edificables o verificar las dimensiones de las obras construidas (Manual de Topografía y Planimetría Hudiel, 2008).

4.1.2 Distancia.

Es la separación que existe entre dos puntos sobre la superficie terrestre. En la topografía, distancia entre dos puntos se entiende que es la distancia horizontal, aunque en frecuencia se miden inclinadas y se reducen a su equivalente en su proyección horizontal antes de usarse, por medio de datos auxiliares como lo son la pendiente o los ángulos verticales (Manual de Topografía y Planimetría Hudiel, 2008).

4.1.3 Levantamiento.

Es el conjunto de operaciones que determinan las posiciones de puntos, la mayoría calculan superficie y volúmenes y la representación de medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos entonces son topográficos.

Los levantamientos topográficos tienen por objeto tomar suficientes datos de campos para confeccionar planos y mapas en el que figura el relieve y la localización de puntos o detalles naturales o artificiales y tiene como finalidad:

- 1). La determinación y fijación tenderos de terreno.
- 2.) Servir de base para ciertos proyectos en la ejecución de obras públicas o privadas.
- 3.) Servir para la determinación de las figuras de terrenos y masas de aguas.
- 4.) Servir en toda obra vertical o horizontal.

4.1.4 Mediciones.

En agrimensura se utilizan elementos como la cinta de medir, podómetro, o incluso el número de pasos de un punto a otro.

En topografía clásica, para dar coordenadas a un punto, no se utiliza directamente un sistema cartesiano tridimensional, sino que se utiliza un sistema de coordenadas esféricas que posteriormente nos permiten obtener coordenadas cartesianas. Para ello necesitamos conocer dos ángulos y una distancia. Existen diversos instrumentos que pueden medir ángulos, como la estación total. Para la medida de distancias tenemos dos métodos: distancias estadimétricas o distanciometría electrónica, siendo más precisa la segunda. Para el primer caso utilizaremos un taquímetro y para el segundo la estación total. En la actualidad se combina el uso del GPS con la estación total (Manual de Topografía y Planimetría Hudiel, 2008).

4.1.5 Toma de Datos.

Actualmente el método más utilizado para la toma de datos se basa en el empleo de una estación total, con la cual se pueden medir ángulos horizontales, ángulos

verticales, distancias y niveles o Elevaciones. Conociendo las coordenadas del lugar donde se ha colocado la Estación es posible determinar las coordenadas tridimensionales de todos los puntos que se midan. Procesando posteriormente las coordenadas de los datos tomados es posible dibujar y representar gráficamente los detalles del terreno considerados. Con las Coordenadas de dos puntos se hace posible además calcular las distancias o el desnivel entre los mismos puntos, aunque no se hubiese estacionado en ninguno. Se considera en topografía como el proceso inverso al replanteo, pues mediante La toma de Datos se dibuja en planos los detalles del terreno actual (Manual para la Revisión de Estudios Topográficos, 2008).

4.1.6 Replanteo.

El Replanteo es el proceso Inverso a la Toma de Datos, consiste en plasmar en el terreno detalles representados en planos, como por ejemplo el lugar donde colocar pilares de cimentaciones, anteriormente dibujados en planos.

El replanteo al igual que la alineación son partes importantes en la topografía, ya que son un paso importante para luego proceder con la realización de la obra. Fuente: Manual para la Revisión de Estudios Topográficos (Manual para la Revisión de Estudios topográficos, 2008).

4.1.7 Levantamiento Longitudinal o de Vías de Comunicación.

Son los levantamientos que sirven para estudiar y construir vías de transporte o comunicaciones como carreteras, vías férreas, canales, líneas de transmisión, acueductos, etc. Las operaciones son las siguientes:

- Levantamiento topográfico de la franja donde va a quedar emplazada la obra tanto en planta como en elevación (planimetría y altimetría simultáneas).
- Diseño en planta del eje de la vía según las especificaciones del diseño geométrico dadas por el tipo de obras.

- Localización del eje de la obra diseñada mediante la colocación de estacas a cortos intervalos de unas a otras, generalmente a distancia fijas de 5, a 10 o 20 metros.
- Nivelación del eje estacado o abscisado, mediante itinerarios de nivelación para determinar el perfil del terreno a lo largo del eje diseñado y localizado.
- Dibujo de perfil y anotación de las pendientes longitudinales.
- Determinación de secciones o perfiles transversales de la obra y la ubicación de los puntos de chaflanes respectivos.
- Cálculo de volúmenes (ubicación) y programación de las labores de explanación o de movimientos de tierras (diagramas de masa), para la optimización de cortes y rellenos hasta alcanzar la línea de subrasante de la vía.
- Trazado y localización de las obras respecto al eje, tales como puentes, desagües, alcantarillas, drenajes, filtros, muros de contención, etc.
- Localización y señalamiento de los derechos de vías o zonas legales de paso a lo largo del eje de la obra (Manual de Topografía y Planimetría Hudiel, 2008).

4.2 Procedimiento.

Respecto a los resultados obtenidos de nuestro levantamiento topográfico obtuvimos un total de 1577 puntos. **(Ver anexo todos los puntos, tabla 70, pág. XXXIV)**

De los cuales determinan que las pendientes en general oscilan entre 15%-30%. En el levantamiento tomamos en cuenta aceras de casas, postes de tendido eléctrico, cunetas, empalmes de carreteras que están sobre el tramo, todo esto tomado como referencia para indicar las delimitaciones que define al derecho a vía del sitio.

De acuerdo a la pendiente mostrada como lo indica el Manual Centroamericano de Norma para el diseño geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA). En el cuadro 4.17, clasifica este terreno de tipo montañoso ya que la mayoría de sus pendientes están en un rango de 15%-30%.

Se utilizó un GPS manual marca “Garmin modelo 375” para ingresar las coordenadas UTM y se ubica el punto en la ficha, luego se graba el punto en el GPS. Para luego introducir estas coordenadas en la estación total se elabora el archivo en la estación.

Para empezar el levamiento se toma el punto de inicio del proyecto, luego se localiza la ubicación del primer sondeo borde derecho de calle tomando como referencia un poste de tendido eléctrico.

- Se coloca la ficha del PI referenciándose con esquina de acera de casa buscando la continuidad de carretera.
- Se crea un trabajo y se asigna un nombre para el proyecto dentro del equipo el cual quedará registrado digitalmente.
- Usando el GPS se receptionaron las coordenadas y se ubica el punto en la ficha, luego se graba el punto en el GPS y para luego introducir esta coordenada en la estación total, se elabora el archivo en la estación, y ya insertada las coordenadas se toma la altura del instrumento con cinta métrica desde el punto de la ficha hasta la referencia de la estación total, estos dos datos se deben ingresar al instrumento después de haberlo nivelado y orientado al norte franco, se ingresa al equipo la altura del instrumento, las coordenadas y elevación obtenidas mediante el GPS.
- Seguidamente ubicamos un punto fijo para utilizarlo como Banco Maestro (BM) y así mismo iniciamos el levantamiento con el BM1 banco de nivel o b de memoria ubicando el bastón prisma en la marca puesta indicada como BM1.
- Nos enrasamos en la punta del bastón para verificar la plomada del bastón subiendo el lente del aparato para ubicar el prisma, realizamos el levantamiento de dicho punto hasta que el aparato lo tenga registrado

procedemos a guardarlo en el equipo y asignarle un nombre para ese punto.

- Los enrasados de la punta del bastón prisma se hacen en el BM y en los puntos de cambio para mejor precisión.
- Después proceder a levantar la infraestructura existente como esquina de casa, poste de casa u otra referencia que sea fija, es importante que, durante el levantamiento de los puntos en una pared, esquina de casa, portón, medidor, caja de registro, poste de luz, entre otros, estos deben marcarse con aerosol con un código que identifica que representa dicho punto.
- Al definir los puntos de intersección de la calle se procede a marcar estaciones cada 20 metros sobre la línea central, rotulando las estaciones de paredes de casa, cercos o cunetas.
- Este procedimiento lo utilizamos hasta terminar los metros establecidos en el proyecto, en cada estación todo este proceso es repetitivo con la única diferencia que para cada cambio se realiza un levantamiento de vista atrás, el cual debe ser el punto donde estábamos ubicados anteriormente.
- Plantando el equipo en la segunda estación, de igual forma que en el punto anterior, con la única diferencia que a partir de este no se usa la ubicación norte, sino el levantamiento de vista atrás, trabajamos con la plantada uno o vista a otras que es la plantada inicial para verificar la orientación azimut inverso y seguimos grabando los puntos de infraestructura existentes. Este proceso se vuelve repetitivo para cada uno de los puntos de cambio.

- Una vez terminado el levantamiento se inserta memoria USB al equipo para Extraer el levantamiento en un tipo de archivo CSV para luego procesarlo en el software Civil 3D versión 2018, este graficará la geometría de acuerdo con los puntos levantados y así mismo indicará los volúmenes de corte y relleno, pendientes, y geometría en planta. **(Ver anexo, Ver fotografías 9-12, paginas XXXII-XXXIII)**

Como ejemplo se muestran así los BM del levantamiento topográfico. **(ver tabla 35).**

Tabla 35: Coordenadas (Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator) WGS 84.

puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación (msnm)	Código
1	588564	1471796	910	BM1
2	588575.385	1471818.76	908.6531	BM2
956	591007.18	1472356.02	949.1042	BM3
959	591075.129	1472333.84	945.9243	BM4
1359	592158.294	1472513.78	845.2971	BM5
1370	592204.043	1472533.45	848.2136	BM6

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

DISEÑO DE PAVIMENTO



5.1 Diseño de pavimento.

El diseño de pavimentos tiene por finalidad analizar y cuantificar los factores presentes o futuros en una carretera sean internos o externos a la misma, con el objeto de establecer los parámetros y características de un pavimento eficaz y eficiente. Los Factores externos representan variables relacionadas con los volúmenes y composición del tráfico, los materiales de construcción, condiciones climáticas. Los factores internos están representados por la calidad de la sub rasante, los materiales existentes en la vía y de los terrenos atravesados o afectados por las obras.

Un diseño de pavimentos se compone de varias fases empezando por las investigaciones de la sub rasante, la calidad de los materiales de construcción y bancos, ensayos de laboratorio, escogencia del método de diseño y evaluación del diseño más conveniente (Manual de Revisión de Diseño de Pavimentos, 2008, pág. 61).

5.2 El método de la AASHTO 93.

El método de Diseño de Estructuras de Pavimentos Flexible de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1993), describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles y rígidos de carreteras.

En el caso de los pavimentos flexibles, el método asume que tales estructuras soportaran niveles significativos de tránsito (mayores de 50,000 ejes equivalentes acumulados de 8.2 ton durante el periodo de diseño), dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos o de terracería.

5.3 Variables a considerar para el diseño de pavimento.

Existen dos variables que se deben tomar en cuenta, estas son:

- Periodo de diseño: Es el tiempo total para lo cual se diseña un pavimento, en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado; para que las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente.
- Vida útil del pavimento: Es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en el que alcanza el mínimo de Serviciabilidad (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002, pág. 2).

5.3.1 Variables en función del tránsito.

Es el número de repeticiones de ejes equivalentes de 18kips (80KN) o ESAL'S (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002, pág. 3).

5.3.2 Confiabilidad (R).

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 periodo de diseño en buenas condiciones (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002, pág. 3).

Tabla 36: Porcentajes de confiabilidad.

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, Recomendado	
	Urbana	Rular
Interestatales y vías rápidas	85 - 99.9	85 - 99.9
Arterias principales	80 - 99.9	80 - 99.9
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006, pág. 137).

Esta carretera está clasificada como colectoras rural y el nivel de confiabilidad está en un rango de 75 a 95% y usamos un valor de confiabilidad de **R=85%**.

5.3.3 Desviación estándar global (So).

Este parámetro está ligado directamente con la Confiabilidad (R), descrita en el punto; habiéndolo determinado, en este paso deberá seleccionarse un valor So “Desviación Estándar Global”, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito (Alfonso Rico Rodriguez, 1998).

Tabla 37: Desviación estándar.

Condición de diseño	Desviación estándar
Para pavimento Flexible	0.40 - 0.50
En construcción nueva	0.35 - 0.40
En sobre capas	0.5

Fuente: Elaboración propia.

El valor seleccionado en este Diseño es de **So = 0.45**, ya que se tomó un valor intermedio para tener mayor precisión.

5.3.4 Serviciabilidad.

La Serviciabilidad de una estructura de pavimento, es la capacidad que tiene este de servir al tipo y volumen de tránsito para el cual fue diseñado. El índice de Serviciabilidad se clasifica entre 0 (malas condiciones) y 5 (perfecto).

Para el diseño de pavimentos debe asumirse la Serviciabilidad inicial y la Serviciabilidad final; la inicial (Po) es en función directa del diseño de la estructura de pavimento y de la calidad con que se construye la carretera, la final o terminal (Pt) va en función de la categoría del camino y se adopta en base a esto y al criterio del diseñador (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002, pág. 3).

5.3.4.1 El índice de serviciabilidad inicial (P_o).

Es función del diseño de Pavimentos y del grado de calidad durante la construcción.

Tabla 38: Serviciabilidad inicial.

Serviciabilidad inicial	
Pavimento rígido	Pavimento flexible
$P_o = 4.5$	$P_o = 4.2$

Fuente: Elaboración propia.

5.3.4.2 El índice de serviciabilidad final (P_t).

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, va en función de la categoría y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña, y son normalmente los siguientes:

Tabla 39: Serviciabilidad final.

Serviciabilidad Final	
Caminos muy importantes	Camino de menor tránsito
2.5	2.0

Fuente: Elaboración propia.

5.3.5 Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI).

Es la diferencia que existe entre la Serviciabilidad inicial y la Serviciabilidad final. Entre mayor sea el ΔPSI mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la ecuación No.16:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad \Delta PSI = 4.2 - 2.0 = 2.2 \quad \text{Ecuación No. 16}$$

Donde:

ΔPSI : Pérdida de Serviciabilidad.

P_o : índice de Serviciabilidad inicial.

P_t : índice de Serviciabilidad final.

5.3.6 Número estructural asumido (SN).

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido. Para calcular el ESAL o W18 (cantidad de repeticiones esperadas de un eje de carga equivalente de 18 mil libras), el Manual Centroamericano de diseño de pavimentos, establece en el capítulo 3, página 5 que se debe de asumir un valor inicial de SN.

Para este Diseño seleccionamos el valor **SN = 5**.

5.3.7 ESAL's de diseño (Ejes equivalentes).

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga, y que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil.

Las diferentes cargas que actúan sobre un pavimento producen a su vez diferentes tensiones y deformaciones en el mismo; los diferentes espesores de pavimentos y diferentes materiales, responden en igual forma de diferente manera a igual carga. Como estas cargas producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, las fallas tendrán que ser distintas.

Para tomar en cuenta esta diferencia, el volumen de tránsito se transforma en un número equivalente de ejes de una determinada carga, que a su vez producirá el mismo daño que toda la composición de tránsito mixto de los vehículos.

Esta carga uniformizada según AASHTO es de 80 kN o 18 Kips y la conversión se hace a través de los Factores Equivalentes de Carga LEF (Load Equivalent Factor) (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002, pág. 3).

El tráfico pesado es el que mayor daño produce a la estructura de pavimento por lo que debe de estimarse con la mayor precisión posible.

Tabla 40: Cálculo de ejes equivalentes (ESAL 's).

Periodo de Diseño: 15 años			Número estructural (SN): 5			Índice de Seviabilidad Final (Pt): 2			
Vehículo	Peso por eje (kip)	Tipo de eje	Tránsito actual	Factor de crecimiento (FC)	Factor direccional (FD)	Factor de Carril (F'c)	Tránsito de diseño (TD)	Factor ESAL 's	ESAL 's de diseño
Automoviles	2.2	Simple	2	7095	0.5	1	8108.725906	0.00038	3.081315844
	2.2	Simple	2	7095	0.5	1	8108.725906	0.00038	3.081315844
Jeep	2.2	Simple	1	7095	0.5	1	3040.772215	0.00038	1.155493442
	2.2	Simple	1	7095	0.5	1	3040.772215	0.00038	1.155493442
Camionetas	2.2	Simple	75	7095	0.5	1	267587.9549	0.00038	101.6834229
	2.4	Simple	75	7095	0.5	1	267587.9549	0.0034	909.7990466
McBus > 15 pas	4.4	Simple	0	7095	0.5	1	0	0.0034	0
	8.8	Simple	0	7095	0.5	1	0	0.0502	0
MnBus 15-30 pas	8.8	Simple	0	7095	0.5	1	0	0.0502	0
	17.6	Simple	0	7095	0.5	1	0	0.9206	0
Bus > 30 pas	11	Simple	22	7095	0.5	1	78046.48684	0.1265	9872.880586
	22	Simple	22	7095	0.5	1	78046.48684	2.35	183409.2441
Lv 2-5 Ton	8.8	Simple	5	7095	0.5	1	16724.24718	0.0502	839.5572085
	17.6	Simple	5	7095	0.5	1	16724.24718	0.9206	15396.34195
C2 5 Ton	11	Simple	3	7095	0.5	1	9629.112013	0.1265	1218.08267
	22	Simple	3	7095	0.5	1	9629.112013	2.35	22628.41323
C3	11	Simple	1	7095	0.5	1	5067.953691	0.1265	641.0961419
	36.3	Tándem	1	7095	0.5	1	5067.953691	1.45	7348.532852
T2 - S2	11	Simple	0	7095	0.5	1	0	0.1265	0
	11	Simple	0	7095	0.5	1	0	0.1265	0
	41.1	Tándem	0	7095	0.5	1	0	0.69325	0
ESAL 's por carril de tránsito									242374.1048

Fuente: Elaboración propia.

Para el Diseño de carretera en estudio se obtuvo un valor de:

ESAL o W18 = **242,374.1048**.

5.3.8 Coeficiente de drenaje (m).

El drenaje, es un factor determinante en el funcionamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil, y por lo tanto lo es también en el diseño del mismo. (Ver tabla No.41, pág.81).

Tabla 41: Coeficiente de drenaje.

Calidad de drenaje	% de tiempo en 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
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 - 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 0.80	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.95	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006, pág. 148).

Se tomó un valor de **1** debido a que las pruebas de CBR se hacen en condiciones saturadas, siendo el tiempo de prueba para ensayos de CBR de cuatro días de saturación, para representar las peores condiciones de saturación en la base, y subrasante.

5.3.9 Módulo de resiliencia.

El módulo resiliente es una medida de las propiedades elásticas de los suelos reconociéndoles ciertas características no lineales. Una de las razones para utilizar el MR se debe a que este indica las propiedades básicas del material el cual puede ser utilizado tanto en el análisis mecanicista como en sistemas multicapas para la predicción de rugosidades, agrietamientos, ahuellamiento, fallas o defectos, etc.

El procedimiento para la determinación del MR está dado por la prueba AASHTO T-274, pero en Nicaragua este tipo de pruebas no se puede realizar debido a que no se cuentan con el equipamiento necesario, para ello se recurre a la propuesta de la guía de calcular el MR por medio de otras pruebas con las cuales se

relaciona, en este caso la relación se hace con el CBR (California Bearing Ratio) (Manual de Revisión de Diseño de Pavimentos, 2008).

Cuando $CBR < 10\%$

$$M_R = 1500 * CBR \quad \text{Ecuación No. 17}$$

Cuando $CBR > 10\%$

$$M_R = 4,326 * \ln(CBR) + 241 \quad \text{Ecuación No. 18}$$

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la sub rasante de **4.90%** para el tramo, utilizaremos el primer criterio para calcular el Módulo Resiliente de la sub rasante, por tanto:

$$M_R = 1500 * CBR$$

$$M_R = 1500 * 4.90$$

$$M_R = 7,350 \text{ PSI}$$

5.3.10 Coeficiente 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 α los cuales son requeridos para el diseño estructural normal del pavimento flexible.

Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales, siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento. Estos, se representan con la siguiente simbología:

α_1 : Para la carpeta de rodamiento.

α_2 : Para la base.

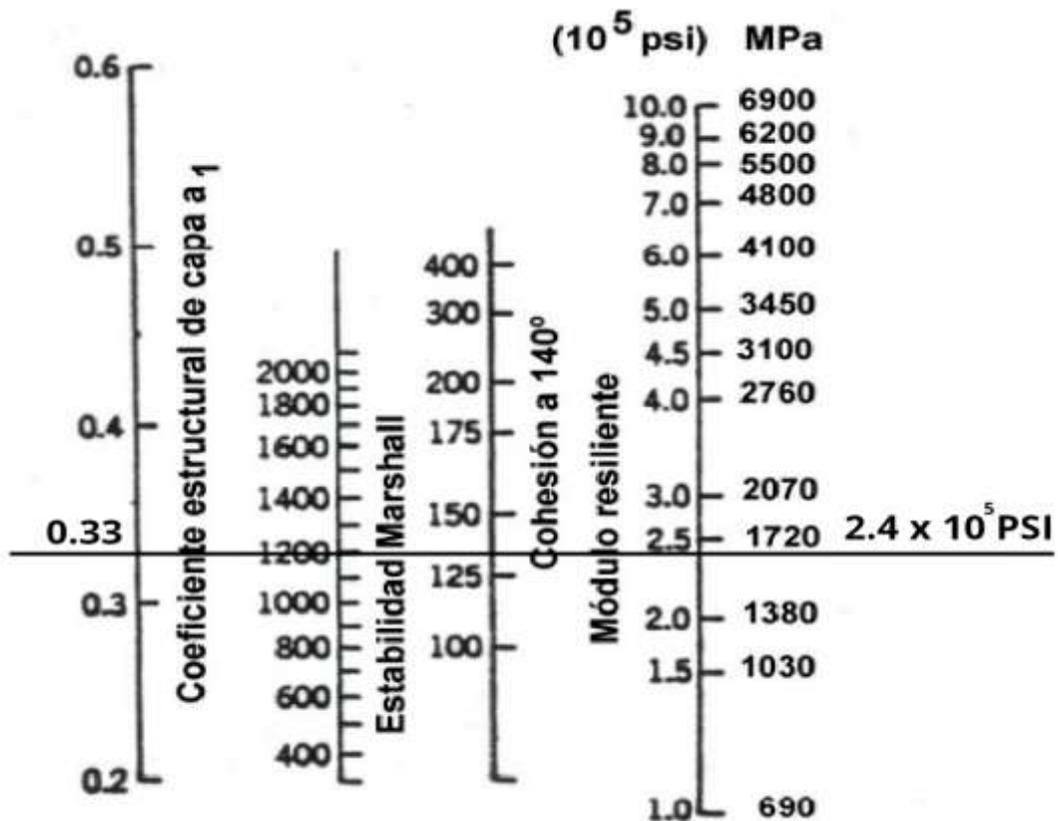
α_3 : Para la subbase.

5.3.11 Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento a1.

El coeficiente estructural de capa para la carpeta de rodamiento asfáltica se determina considerando la estabilidad Marshall, el cual es calculado a partir de la cantidad de ejes equivalentes.

Ya que se determinó en el presente estudio un Esal de diseño de 242,374.1048. El cual está en el rango de 10^4 - 10^6 indicado por el Manual del Instituto del asfalto. Se tomará un valor para la estabilidad Marshall de 1200 lb. Y así un valor para a1 de 0.33. (ver gráfica 13).

Gráfica 13: Nomograma de coeficiente estructural a1, para la carpeta asfáltica.



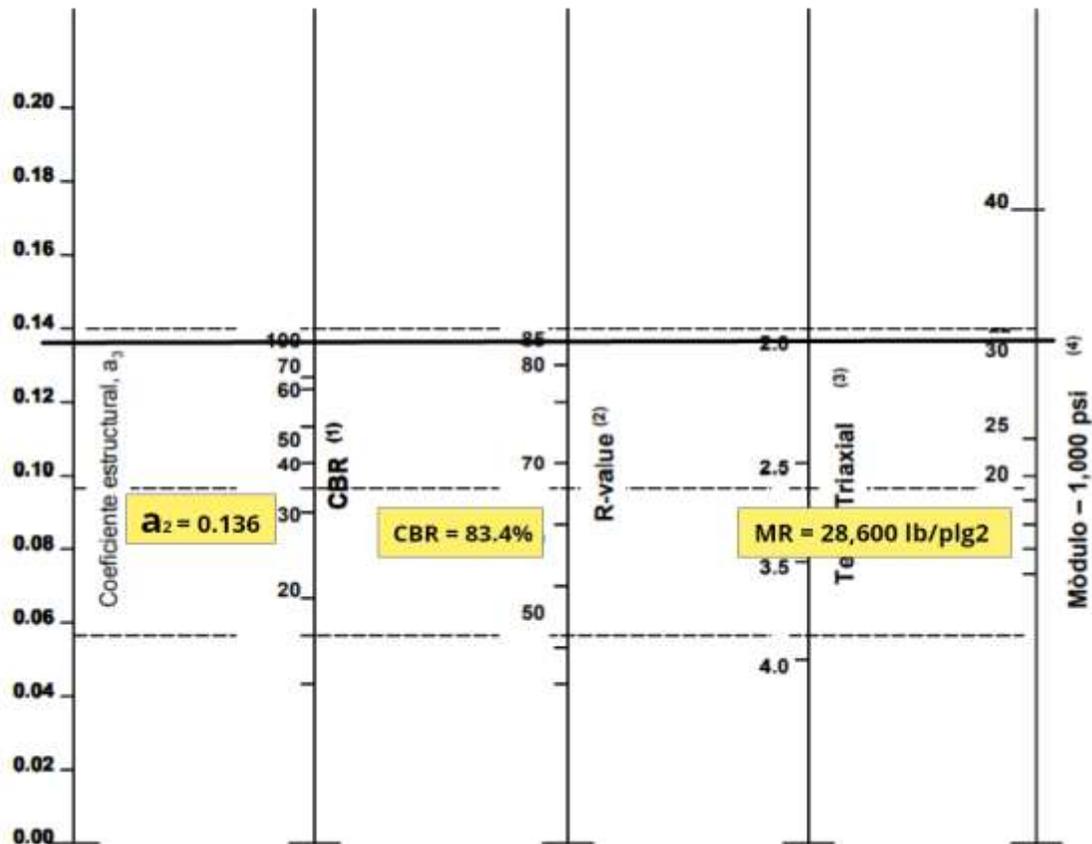
Fuente: (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006, pág. 110).

5.3.12 Coeficiente estructural para la base a2.

La determinación del coeficiente estructural a2 se realizó en base a la aplicación del nomograma para estimar el Coeficiente Estructural a2 para el base proporcionado por el Libro de Diseño de Pavimento AASHTO 93 Materiales para pavimento pág. 118.

Con el valor del CBR del banco de préstamo número 1 se traza una línea en el nomograma, se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de $a_2 = 0.136$ y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de $MR = 28,600$ psi. (Ver gráfica 14).

Gráfica 14: Coeficiente estructural a2, para base granular no tratada.

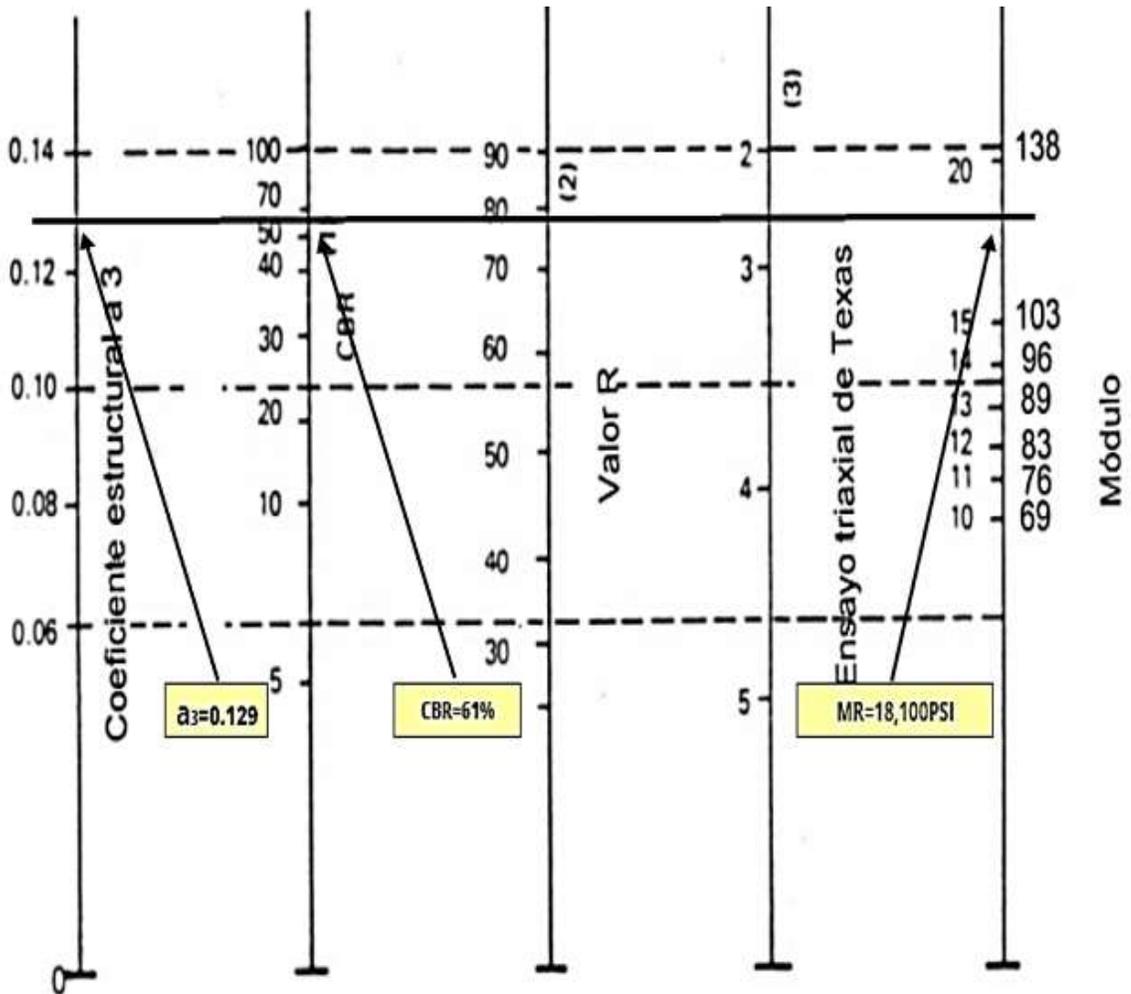


Fuente: (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006, pág. 118).

5.3.13 Coeficiente estructural para la base a3.

El valor de CBR usado para el cálculo de la Sub-Base es igual a 61% que corresponde al **Banco N°2** utilizado, de acuerdo con la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de $a_3 = 0.129$ y en la escala derecha un módulo resiliente para sub - base granular de **Mr = 18,100 PSI.** (Ver gráfica15).

Gráfica 15: Coeficiente estructural a_3 , para Sub-base granular.



Fuente: (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006, pág. 118).

5.3.14 Números estructurales aportados y determinación de espesores.

La ecuación utilizada para el diseño de pavimento flexible deriva de la información obtenida empíricamente por la AASHTO ROAD TEST. La fórmula general que se usara para determinar los espesores del pavimento es la siguiente:

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 + a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 = a_1m_1 + a_2m_2 + a_3m_3 \quad \text{Ecuación No. 20}$$

Donde:

SN: Numero estructural.

a_1, a_2, a_3 : Coeficientes estructurales o de capas.

D_1, D_2, D_3 : Espesores de las capas en pulgada para la carpeta asfáltica, base y Sub-base.

m_1, m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje de las capas.

El número estructural está basado en que las capas granulares tratadas, deben estar perfectamente protegidas de presiones verticales excesivas, que lleguen a producir deformaciones permanentes.

El procedimiento para el cálculo de espesores consiste primero en calcular el SN sobre la Sub-Rasante, después se calculan los SN necesarios sobre las capas de Sub – Base y Base.

5.3.15 Determinación de números estructurales.

Para calcular el número estructural $SN_{\text{Requerido}}$ se supone un MR igual al de la subrasante que se utilizó en el Abaco establecido por la guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993), y así se obtiene el SN, $SN = 2.4$ pulg. **(Ver Anexo Grafica - 16, pág. LXXVII).**

Para el cálculo de SN_1 y SN_2 se utilizó el Abaco establecido por la guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993), $SN_1 = 1.6$ y $SN_2 = 1.9$. El valor del SN_3 es igual al del $SN_{\text{Requerido}}$ **(Ver Anexo Grafica -17, pág. LXXVIII).**

5.4 Cálculo de espesores de pavimento.

5.4.1 Cálculo del espesor de la Base.

$$D_1 \geq S_{n1}/a_1 = 1.6/0.33 = 4.85 \approx 5 \quad \text{Ecuación No. 21}$$

$$S_{N1}^* = a_1 * D_1 = 0.33 * 5 = 1.65 \quad \text{Ecuación No. 22}$$

Base (D2):

$$D_2 = (S_{N2} - S_{N1})/(a_2 * m_2) \quad \text{Ecuación No. 23}$$

$$D_2 = (1.9 - 1.65)/(0.136 * 1)$$

$$D_2 = 1.84" \text{ pulgadas}$$

Las 1.84 pulgadas será el espesor que se requiere para que D_2 (Base), para que resista las tensiones verticales excesivas que producirán las deformaciones permanentes, comprobando este espesor de acuerdo con la Tabla 43, de espesores mínimos resulta que para el ESAL's de diseño de **242,374.1048** el espesor mínimo de la base granular es 4.00 pulgadas. Por lo cual se procedió hacer la corrección en base al espesor mínimo sugerido por la AASHTO-93.

Tabla 42: Espesores mínimos sugeridos por capa.

Numero de ESAL' s	Capas Asfálticas (pulgadas)	Bases Granular (pulgadas)
Menos de 50,000	1	4,0
50,000 - 150,000	2	4,0
150,001 - 500,000	2,6	4,0
500,001 - 2,000,000	3,0	6,0
2,000,001 - 7,000,000	3,6	6,0
Mayor de 7,000,000	4,0	6,0

Fuente: (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006, pág. 147).

Se corrige el numero estructural utilizando el espesor sugerido de 4.00 pulgadas para el tramo.

$$S_{N2}^* = a_2 * D_2 * m_2 \quad \text{Ecuación No. 24}$$

$$S_{N2}^* = 0.136 * 4.00 * 1.00$$

$$S_{N2}^* = 0.544$$

El número estructural (SN_2^*) corregido valor para la base resulta de **0.544** para el tramo.

5.4.2 Cálculo del espesor de la Sub-base (D3) para el tramo.

Teniendo en cuenta que es conocido el valor de SN_1 , entonces el valor del coeficiente estructural de la base se obtiene de la siguiente manera:

Para la Sub-Base (D3):

$$D_3 = SN_3 - (SN_2 * + SN_1 *) / (a_3 * m_3) \quad \text{Ecuación No. 25}$$

$$D_3 = 2.40 - (0.544 + 1.65) / (0.129 * 1.00)$$

$$D_3 = 1.60 \text{ Pulgadas}$$

No es conveniente ni adecuado poner una subbase de 1.6 pulgadas. Realizar el diseño técnicamente y factible y económico. Se propone adoptar un ancho de Rodamiento de 3 pulgadas para reducir costos y dicho espesor es suficiente para este tipo de ESAL ya que el espesor mínimo sugerido por la AASHTO es de 2.6 pulgadas.

$$SN_1^* = a_1 * D_1$$

$$SN_1^* = 3 * 0.33 = 0.99$$

$$D_1 = 3 \text{ pulgadas}$$

$$D_2 = (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 * m_2)$$

$$D_2 = (1.9 - 0.99) / (0.136 * 1)$$

$$D_2 = 6.6 \text{ pulgadas, adoptar } 7$$

Se corrige el SN_2

$$SN_2^* = a_2 * D_2 * m_2$$

$$SN_2^* = 0.136 * 6 * 1$$

$$SN_2^* = 0.952$$

Para la Sub-base (D3)

$$D_3 = SN_3 - (SN_2^* + SN_1^*) / (a_3 * m_3)$$

$$D_3 = 2.40 - (0.99 + 0.952) / (0.129)$$

$$D_3 = 3.5 \text{ pulgadas adoptar } 4$$

$$SN_3^* = D_3 \times a_3$$

Ecuación No. 26

$$SN_3^* = 4 \times 0.129$$

$$SN_3^* = 0.516$$

Comprobación para el tramo:

$$SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq SN \text{ Requerido.}$$

Ecuación No. 27

$$0.99 + 0.952 + 0.516 \geq 2.40$$

$$2.458 \geq 2.40 \text{ ! SI CUMPLE!}$$

5.5 Análisis del diseño de pavimentos.

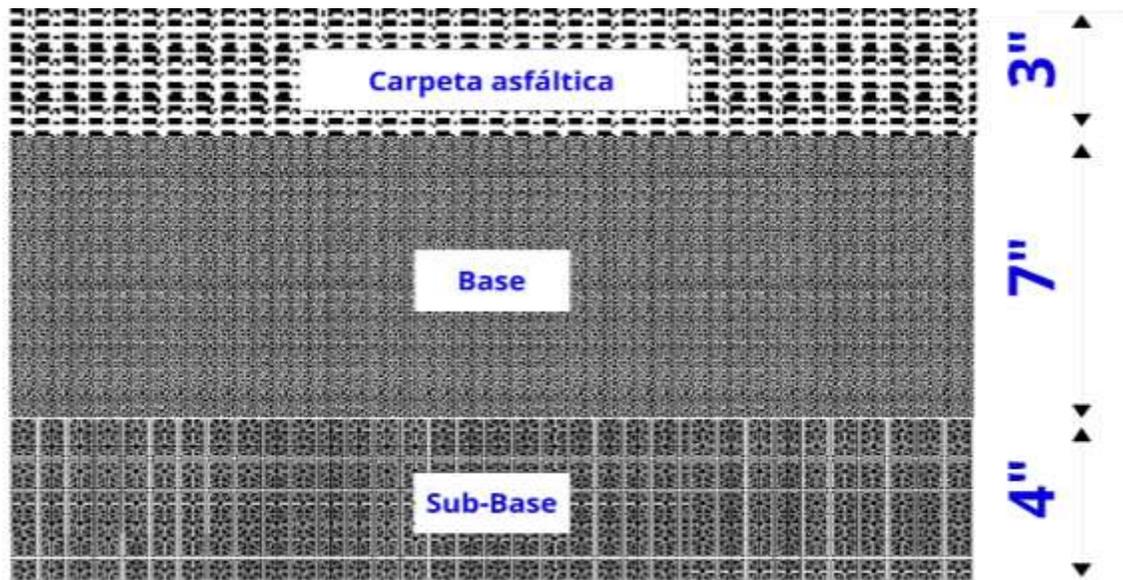
La Guía AASHTO 1993, establece el criterio de espesores mínimos para el rodamiento y la base, en función de los ejes de daño que soportara la estructura.

La tabla 43 de la página 88 muestra los espesores de capa mínimos como función de ESAL.

En el tramo en estudio, el ESAL' s de diseño es de 337, 374.1048 por lo que los espesores mínimos recomendados son de 2.6" y 4.0" para la carpeta y base respectivamente, en nuestros resultados obtuvimos Espesores de 3.00" para la carpeta, 7.00" para la base y 4" para la Sub-base, por lo cual estos valores cumplen con la normativa de Diseño de la Guía AASHTO 1993.

5.6 Espesores de pavimento.

Figura 4: Espesores.



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI

DISEÑO GEOMÉTRICO



6.1 introducción.

El diseño geométrico de carreteras es la técnica de ingeniería civil que consiste en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno. Los condicionantes para situar una carretera sobre la superficie son muchos, entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales y urbanísticos.

Generalmente el diseño geométrico se lleva a cabo mediante un proceso de diseño iterativo, donde se va construyendo la geometría de la carretera a través de un modelo espacial que continuamente se evalúa, según todas las condiciones y objetivos del diseño, para proceder a introducir modificaciones continuas en el mismo, buscando la optimización de la realidad física y funcional final.

6.2 topografía.

En el estudio y elaboración de cualquier proyecto de ingeniería que tengan como asiento la superficie de la tierra, es necesario el uso de la topografía en la elaboración del área destinada para la obra. Las características del terreno son la guía del diseñador, para la mejor distribución y ubicación, en sus aspectos funcionales.

En la geometrización del proyecto, donde se vinculan en forma analítica, los diferentes ejes de simetría de la obra, entre sí mismo y con elementos fijos del terreno, (puntos permanentes) con fines de su posterior replanteo.

La topografía se deriva en varias etapas, las cuales son:

Planimetría: La planimetría es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana (plano geometría), prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal.

Altimetría: Se le da el nombre de altimetría al conjunto de operaciones por medio de las cuales se determina la elevación de uno o más puntos respecto a una superficie horizontal de referencia dada o imaginaria la cual es conocida como superficie o plano de comparación.

6.3 levantamiento topográfico.

El tramo en estudio tiene una longitud de 5 km, el levantamiento fue realizado en 5 días, obteniendo los datos necesarios para conocer las condiciones geográficas que se encuentra dicho camino.

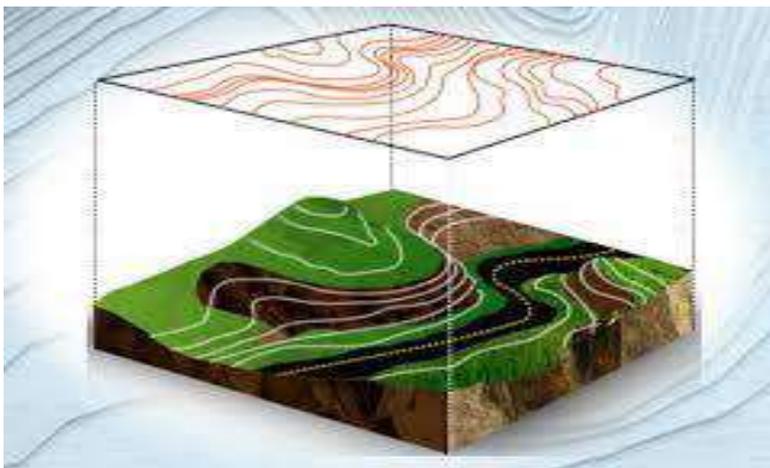
Se ejecutó con la ayuda de una estación total Top-Con, bastones, primas y pintura en aerosol.

6.3.1 Método utilizado.

El procedimiento utilizado para el levantamiento fue el método de perfil longitudinal y secciones transversales ya que el más conveniente por la geometría del lugar.

Todos los cálculos obtenidos de curvas de nivel, perfil longitudinal y el seccionamiento transversal fueron obtenidos mediante el software AutoCAD Civil3D, se realizaron las curvas de nivel, el alineamiento horizontal, perfil longitudinal y secciones transversales, todos estos son elementales para el diseño geométrico de nuestro pavimento flexible.

Figura 5: Representación de la vista planialtimétrica.



Fuente: www.bing.com.

En el tramo de estudio se emplearon los siguientes detalles recopilados en el Manual Centroamericano para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA) las cuales son:

6.4 Velocidad de diseño.

La velocidad de diseño (también conocida como Velocidad Directriz) es la velocidad seleccionada para determinar varias características geométricas de la carretera. La velocidad de diseños asumida debe ser consistente con la topografía, el uso de la tierra adyacente y la clasificación funcional de la carretera.

La velocidad de diseño elegida debe ser consistente con la velocidad a la que un conductor probablemente conduzca con comodidad en la carretera construida.

En la selección de una adecuada velocidad de diseño para una carretera en particular, debe darse especial consideración a los siguientes aspectos:

6.4.1 Tipo de área.

En el tipo de área se pueden definir dos tipos:

- Rural. (Menor índice poblacional, se dedican a la agricultura y ganadería)
- Urbana. (Mayor índice de población y una economía orientada a la industria o a los servicios).

Para clasificar el tipo de área donde se encuentra el tramo de diseño, se valoró que la ubicación de este sitio es alejada de la ciudad, población reducida y la mayoría de las personas son agricultores. Por ende, **el tipo de área es rural.**

6.4.2 Condiciones del terreno.

Los tipos de condiciones de un terreno son las siguientes:

- Plano
- Ondulado
- Montañoso

Pendiente Natural

Por los estudios topográficos realizado, se denomina que la pendiente natural máxima es del **23%**, por lo que el terreno es tipo montañoso.

Tabla 43: Clasificación del terreno según su pendiente.

Tipo de Terreno	Rango de Pendientes P(%)
Llano o Plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 > P \leq 15$
Montañoso	$15 > P \geq 30$

Fuente: (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geometrico de Carreteras, 2011, pág. 116).

6.4.3 Volúmenes de tránsito.

La clasificación funcional de la vía en estudio, se establece a partir del volumen del tránsito proyectado al año final de diseño TPD₂₀₃₅. Resultó de 721 vpd; por ende, utilizando la tabla de clasificación de carreteras del manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de carreteras, 2011, pág. 33, la clasificación de la carretera será una colectoras rural por que oscila en ese rango.

Tabla 44: 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 de Normas para el Diseño Geometrico de Carreteras, 2011, pág. 33).

En autopistas y carreteras arteriales principales, en áreas rurales debe seleccionarse una velocidad de diseño de 110 KPH.

En carretera colectoras de carriles múltiples, en áreas suburbanas y rurales, las apropiadas velocidades de diseño son de 80 a 100 KPH. En carreteras colectoras, el rango de velocidad debe ser de 30 a 80 KPH y rango de velocidades de 20 a 60 KPH pueden utilizarse en carreteras locales rurales.

Según la tabla de la pág. 13 del Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras, SIECA, 2da ed. 2004, la velocidad de diseño para una carretera colectoras rural con terreno montañoso es de 50 km/h, por lo cual esta se utilizará como base para el diseño. Sin embargo, debido a que el terreno es montañoso, tiene bastantes obstáculos; elementos físicos de la vía, Por lo tanto, en el tramo en estudio se tomará una **velocidad de diseño de 40 KPH**, por lo parámetros antes mencionados.

6.5 Distancia de visibilidad de parada.

Esta es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto imprevisto delante de su recorrido. Esta distancia se calcula para que un conductor, por debajo del promedio, alcance a detener su vehículo ante el peligro u obstáculo que se le presente.

En la tabla (**VER TABLA-50, PAGINA 113**), se muestra una distancia de visibilidad de parada de 50m para la velocidad de diseño seleccionada.

6.6 Distancia de visibilidad de adelantamiento.

Por las condiciones geométricas del terreno, se recomienda no adelantar dentro de este tramo.

6.7 Curvas de nivel.

El sistema de representación de curvas de nivel consiste en cortar la superficie del terreno mediante un conjunto de planos paralelos entre sí, separados una cierta distancia unos de otros.

Cada plano corta al terreno formando una figura (plana) que recibe el nombre de curva de nivel. La proyección de todas estas curvas de nivel sobre un plano común da lugar a la representación buscada.

En el caso de tramo en estudio, se elaboró las curvas a nivel a partir de los puntos encontrados en el levantamiento topográfico. (**Ver en anexos, planos**).

6.8 Alineamiento horizontal.

El alineamiento horizontal es la proyección del eje de la vía sobre un plano horizontal y está compuesto por rectas y curvas horizontales; las rectas se caracterizan por su “longitud y dirección”; los cambios de dirección de las rectas se suavizan con las curvas horizontales, las cuales se caracterizan por su “curvatura y su longitud”.

6.8.1 Peralte y factor de fricción máxima.

El peralte es la inclinación transversal, en relación con la horizontal, que se da a la calzada hacia el interior de la curva, para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo que transita por un alineamiento horizontal en curva.

Dicha acción está contrarrestada también por el rozamiento entre ruedas y pavimento.

El peralte máximo definido por el tipo de área es del **10%**.

Tabla 45: Peralte.

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

Fuente: (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales., 2004, pág. 127).

El factor de fricción máxima es del **0.23** por la velocidad de diseño seleccionada. (**ver tabla-46. pág. 97**).

Tabla 46: Factor de fricción máxima.

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	FACTOR DE FRICCION MAXIMA	Peralte Máximo = 8%		GRADO DE CURVATURA (Degree)	Peralte Máximo = 10%		GRADO DE CURVATURA (Degree)
		RADIO (m)			RADIO (m)		
		CALCULADO	RECOMENDADO		CALCULADO	RECOMENDADO	
20	0.35	7.3	7	163°42'	7.0	7	163°42'
30	0.28	19.7	20	57°18'	18.6	19	60°19'
40	0.23	40.6	41	27°57'	38.2	38	30°09'
50	0.19	72.9	73	15°42'	67.9	68	16°51'
60	0.17	113.4	113	10°08'	105.0	105	10°55'
70	0.15	167.8	168	06°49'	154.3	154	07°26'
80	0.14	229.1	229	05°00'	210.0	210	05°27'
90	0.13	303.7	304	03°46'	277.3	277	04°08'
100	0.12	393.7	394	02°55'	357.9	358	03°12'
110	0.11	501.5	501	02°17'	453.7	454	02°31'
120	0.09	667.0	667	01°43'	596.8	597	01°55'

Fuente: (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, 2011, pág. 89).

6.8.2 Radio mínimo.

El radio mínimo es un valor limitante de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relaciona con el peralte máximo y la máxima fricción lateral seleccionada para el diseño. Un vehículo se sale de control en una curva, ya sea porque el peralte o la sobreelevación de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad, o porque la fricción lateral entre las ruedas y el pavimento es insuficiente y se produce el deslizamiento del vehículo. Un vehículo derrapa en las curvas debido a la presencia de agua y arena sobre la superficie de rodamiento. El uso de radio más reducidos solamente puede lograrse a costas de incómodas tasas de peralte o apostando a coeficiente de fricción lateral que pueden no estar garantizados por la adherencia de las llantas con la superficie de rodamiento de la carretera.

El valor del radio mínimo se calcula de la siguiente manera:

$$R_{MIN} = \frac{V^2}{127.15(e_{max} + f)} \quad \text{Ecuación No. 28}$$

En donde:

R_{min} = Radio mínimo de la curva, m.

e = tasa de sobreelevación en fracción decimal.

f = factor de fricción lateral.

V = velocidad de diseño, en KPH.

$$R_{MIN} = \frac{40^2}{127.15(0.1+0.23)}$$

$$R_{MIN} = 38.132 \text{ m}$$

6.8.3 Longitud de transición.

El diseño de longitudes de transición en el alineamiento horizontal, tiene como finalidad dar seguridad al recorrido de los vehículos desde una sección en recto o tangente de una carretera a una determinada curva horizontal vertical.

Se determina la longitud de transición tomando en cuenta el cuadro (**Ver anexos, planos**).

$$L_s = 13 \text{ metros}$$

6.8.4 Desarrollo de bombeo – peralte.

Según la relación con el alineamiento horizontal se puede presentar en bombeo y peralte.

6.8.5 Transición en la tangente.

Es el procedimiento más adecuado ya que la totalidad de la curva circular quedara diseñada con el valor del peralte requerido de acuerdo a su radio de curvatura. Puede que para el conductor sea un poco incómodo transitar sobre un tramo recto con una inclinación mayor a la del bombeo, pero se tiene la seguridad de que en el momento de tomar la curva circular la velocidad específica, el peralte será el necesario para contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, por lo tanto, se sacrifica la comodidad a cambio de la comodidad.

De acuerdo a lo anterior se tiene que:

$$A = PC - LT - N \quad \text{Ecuación No. 32}$$

$$B = A + N \quad \text{Ecuación No. 33}$$

$$C = B + N \quad \text{Ecuación No. 34}$$

$$D = PC \quad \text{Ecuación No. 35}$$

$$E = PT \quad \text{Ecuación No. 36}$$

$$F = PT + LT - N \quad \text{Ecuación No. 37}$$

$$G = PT + LT \quad \text{Ecuación No. 38}$$

$$H = PT + LT + N \quad \text{Ecuación No. 39}$$

Dónde: A, B, C, D, E, F, G, H: Estaciones durante la transición. **(ver figura No.5).**

PC: Principio de la curva.

PT: Punto de terminación de la curva.

6.8.6 Sobreechancho.

Los sobreechanchos deben ser detallados minuciosamente en los planos constructivos y por medio de controles durante el proceso de construcción de la carretera.

Una de las expresiones empíricas más utilizadas para el cálculo del sobreechancho en las curvas horizontales es la siguiente:

$$SA = n \left[R - \sqrt{(R^2 - L^2)} \right] + \frac{0.10V}{\sqrt{R}}$$

Ecuación No. 40

Donde:

S= valor del sobreebanco en metros

n= número de carriles

L= longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo de diseño

R= radio de curvatura en metros

V= velocidad de diseño de la carretera (KPH)

6.8.7 Hombros.

Los hombros o espaldones, que son las franjas de carretera ubicadas contiguo a los carriles de circulación y que, en conjunto con éstos, constituyen la corona o sección comprendida entre los bordes de los taludes, tienen su justificación en la necesidad de proveer espacios para acomodar los vehículos que ocasionalmente sufren desperfectos durante su recorrido.

Tabla 47: Ancho mínimo de hombros y aceras.

	Tipo de Carretera	Acceso	Tipo de Superficie	Ancho de Hombros (m)		Ancho de Aceras (m)
				Internos	Externos	
AR	Autopistas Regionales	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	1.8 - 2.5	
TS	Troncales Suburbanas	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	1.8 - 2.5	1.2 - 2.0
TR	Troncales Rurales	-	Alto	0.5 - 1.0*	1.2 - 1.8	1.2 - 1.5
CS	Colectoras Suburbanas	-	Intermedio	0.5*	1.2 - 1.5	1.0 - 1.2
CR	Colectoras Rurales	-	Intermedio	-	1.2 - 1.5	1.0 - 1.2

Fuente: (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales., 2004, pág. 100).

Este tramo por ser considerada una colectoras rural tendrá un ancho de hombro de **1,2 metros**.

6.8.8 Bombeo.

Es la pendiente que se le da a la plataforma o corona en las tangentes de alineamiento horizontal con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la

corona con la mínima pendiente para que el conductor no experimente incomodidad o inseguridad.

El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura, representado en el siguiente cuadro.

Tabla 48: Pendiente transversal de carril (Bombeo).

Tipo de Superficie	Rango de Pendiente Transversal
Alto	1.5 – 2.0
Bajo	2.0 – 6.0

Fuente: (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, 2011, pág. 139).

Los pavimentos de tipo alto son aquellos que mantienen superficies lisas y propiedades antideslizantes en todo tipo de clima, y que, sometidos a cargas de altos volúmenes de tráfico pesado, requiere poco mantenimiento.

Los pavimentos de tipo bajo son los que están formados por superficies de terracería, sin tratar o tratadas mediante la inclusión de agregados pétreos.

Para el diseño geométrico se ocupará un **bombeo del 2.0%**.

6.9 Drenaje superficial.

El drenaje superficial debe de estar bien diseñado para lograr evacuar rápidamente las aguas de la superficie de pavimento, evitando que el agua se infiltre en la estructura de pavimento provocando daños considerables a corto o largo plazo.

6.9.1 Cunetas.

Un canal es un conducto abierto para la conducción de aguas. Las cunetas son canales que se construyen a ambos lados y paralelamente a la carretera, con el fin de drenar el agua de lluvia que cae sobre la misma y sobre las áreas de taludes.

6.10 Perfil longitudinal.

Al proyectar sobre un plano vertical las distintas elevaciones del eje de la carretera, se obtiene el alineamiento vertical o perfil del eje de la carretera. En este alineamiento se representan tanto el perfil del terreno natural como el perfil terminado del eje de la carretera, al cual se le llama rasante, o el perfil del eje terminado de la terracería, también conocido como subrasante. **(ver en anexos, planos).**

6.10.1 Rasante.

Es la elevación del pavimento en el eje o línea central en carreteras bidireccionales; al proyectar sobre un plano vertical sus distintas elevaciones, se obtendrá en desarrollo de la plataforma o corona del camino, el cual estará formado por pendiente, ascendentes o descendentes y curvas verticales que las enlazan.

6.10.2 Pendiente.

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 los vehículos de pasajeros, en el terreno montañoso la situación es más grave, resultando en algunos camiones con velocidades muy bajas.

Pendiente Máxima:

El siguiente cuadro muestra las máximas pendientes sugeridas para carreteras rurales y/o locales, en función de la velocidad y del tipo de terreno. **(Ver tabla 49, pág.104).**

Tabla 49: Pendiente máxima para pendientes de carreteras locales rurales.

TIPO DE TERRENO	Máxima Pendiente (%) para la Velocidad de Diseño Especificada, KPH								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	9	8	7	7	7	7	6	6	5
Lomerío	12	11	11	10	10	9	8	7	6
Montañoso	17	16	15	14	13	12	10	10	---

Fuente: (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, 2011, pág. 120).

Pendiente Mínima:

Es la pendiente que se fija para permitir un drenaje adecuado, En los tramos en relleno puede ser nula, efectuándose el drenaje de la carretera mediante el bombeo transversal, pero en los tramos en corte se recomienda usar 0.50% permitiéndose, excepcionalmente hasta 0.30%.

Tomando en cuenta lo anterior. El diseño cumple perfectamente ya que como es un terreno montañoso están dentro del rango estipulado por la velocidad de diseño seleccionada.

6.11 Curvas verticales.

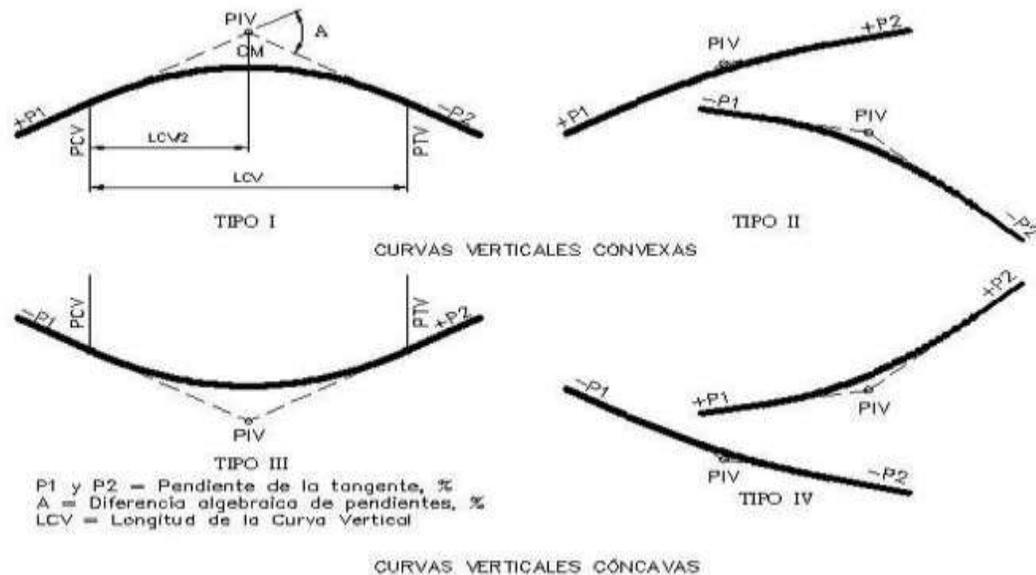
En términos generales existen curvas verticales en crestas o convexas y en columpio o cóncavas. Las primeras se diseñan de acuerdo a las más amplias distancias de visibilidad para la velocidad de diseño y las otras conforme a la distancia que alcanzan a iluminar los faros del vehículo de diseño. De aplicación sencilla, las curvas verticales deben contribuir a la estética del trazado, ser confortables en su operación y facilitar las operaciones de drenaje de la carretera.

6.11.1 Tipos de curvas verticales.

Las curvas verticales pueden tener su concavidad hacia arriba o hacia abajo. Las curvas cóncavas hacia arriba se denominan curvas en cresta, y las curvas cóncavas hacia abajo se llaman curvas en columpio.

Dentro de este tipo de curvas verticales, el diseñador geométrico tiene la opción de calcular las curvas como curvas verticales simétrica o curva vertical asimétrica; estas opciones dependen del presupuesto del proyecto, características del terreno, estética y criterios de diseño que estén tomando en cuenta.

Figura 6: Tipos de curvas verticales.



Fuente: (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, 2011, pág. 123).

a. Curvas Verticales Simétricas.

Son aquellas que se proyectan simétricamente con respecto al punto de intersección de la pendiente, de manera que sean iguales las proyecciones horizontales de las tangentes.

b. Curvas Verticales Asimétricas.

Cuando las proyecciones horizontales de las tangentes tengan pendientes diferentes, se clasificarán como curvas verticales asimétrica. Este caso puede siempre presentarse cuando las pendientes de la rasante están determinadas y una de ellas se encuentra en un punto obligado que limita la longitud de una de las ramas de la parábola.

En el perfil longitudinal elaborado en el diseño se muestran ambas curvas,

convexas y cóncavas. **(ver en anexos, planos).**

6.11.2 Curvas verticales en cresta (Convexas).

Se diseñan de acuerdo a las más amplias distancias de visibilidad de parada para la respectiva velocidad de diseño. Existen dos condiciones de diseño:

La primera que la longitud de la curva (L) sea mayor que la distancia de visibilidad de parada: $L > D_{vp}$.

La segunda que la longitud de la curva (L) sea menor que la distancia de visibilidad de parada: $L < D_{vp}$.

6.11.3 Curvas verticales en columpio (Cóncavas).

Su diseño es conforme a la distancia que alcanzan a iluminar los faros del vehículo de diseño (criterio de seguridad). Existen dos condiciones de diseño:

La primera que la longitud de la curva (L) sea mayor que la distancia de visibilidad de parada: $L > D_{vp}$.

La segunda que la longitud de la curva (L) sea menor que la distancia de visibilidad de parada: $L < D_{vp}$.

Para que las curvas verticales en columpio cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud deberá calcularse usando la siguiente formula. **(Ver ecuación No.41).**

6.11.4 Elementos geométricos de las curvas verticales.

Longitud (L): longitud suficiente para mantener la visibilidad, comodidad y una buena estética.

La longitud es la distancia medida horizontalmente entre el PCV y el PTV.

$$L = K * A$$

Ecuación No. 41

Donde:

L = Longitud de la curva vertical.

A = (P2 – P1), en %.

P1 = Pendiente de entrada (%).

P2 = Pendiente de salida (%).

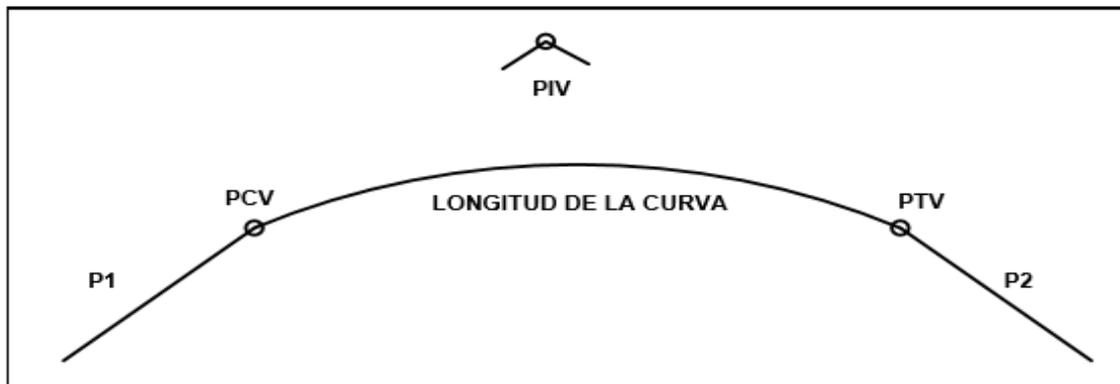
K = Factor que establece condiciones óptimas de visibilidad y drenaje en el sector de la curva.

PCV = Principio de curva vertical.

PIV = Punto de intersección vertical.

PTV = Punto final de la curva vertical.

Figura 7: Elementos geométricos de una curva vertical.



Fuente: Elaboración propia.

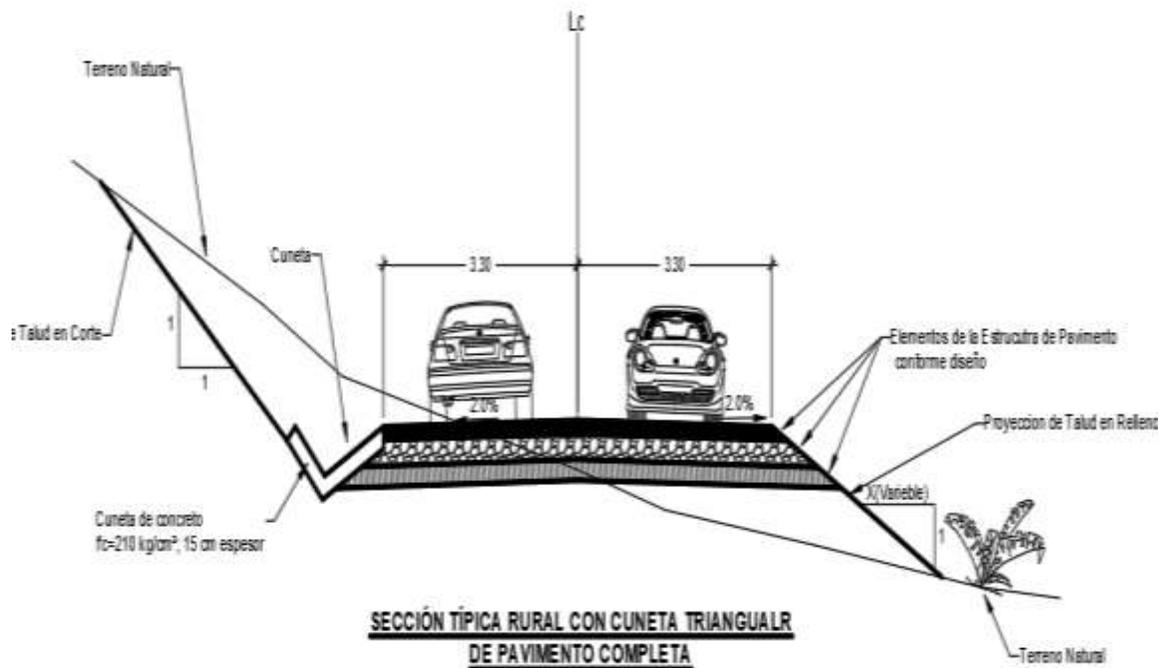
6.11.5 Normas generales para el perfil longitudinal.

- $A = (P2 - P1) > 0.5\%$ para que se pueda realizar el diseño, ya que pendientes menores a esta son tan pequeñas que se pierden en la construcción.
- Criterio de Seguridad:** Se aplica a curvas verticales en cresta y en columpio. La longitud de la curva debe ser mayor o igual a la distancia de visibilidad de parada.
- Criterio de Comodidad:** Se aplica al diseño de curvas verticales en columpio, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección se suma al peso propio del vehículo. Generalmente queda englobado siempre por el criterio de seguridad.
- Criterio de drenaje:** Se aplica al diseño de curvas verticales en crestas y en columpio. Para advertir la necesidad de modificar las pendientes longitudinales de las cunetas.

6.12 Secciones transversales.

La sección transversal de una carretera o calle en área urbana, muestra sus características geométricas, según un plano normal vertical a la superficie que contiene el eje de la carretera o calle. Dicha sección transversal varía de un punto a otro de la carretera ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplen y de las características del trazado y del terreno en los puntos considerados.

Figura 8: Sección típica rural con cuneta triangular de pavimento completa.



Fuente: Elaboración propia.

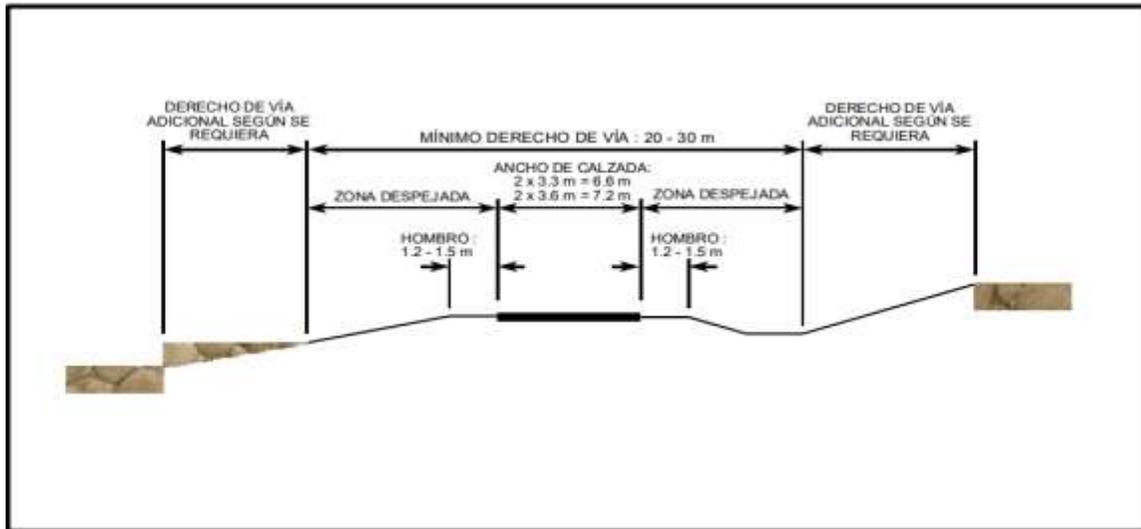
6.12.1 Derecho de vía.

El derecho de la vía es la franja del terreno que adquiere el dueño de una carretera, normalmente el Estado, para la construcción de la misma, incluyendo dentro de sus límites el diseño bien balanceado de la calzada con sus carriles proyectados, los hombros interiores y exteriores, las medianas y todos los demás elementos que conforman normalmente la sección transversal

típica de ese tipo de instalaciones, conforme su clasificación funcional.

Para las carreteras colectoras, ubicadas en el rango inferior de la clasificación funcional de la red de carreteras regionales, se considera suficiente disponer de un derecho de vía de 20 metros de ancho.

Figura 9: Derecho de vía de una carretera colectora rural.



Fuente: (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales., 2004, pág. 172).

6.13 Elaboración del diseño en Civil 3D.

Para la realización del diseño geométrico, se utilizó el software AutoCAD Civil 3D, en donde se aplicaron todos los parámetros de diseño definidos en este documento, en los anexos estarán reflejado lo que son planos de curvas de nivel, alineamiento horizontal, cuadro de curvas horizontales, perfil longitudinal y secciones transversales.

6.14 Cálculos para curvas horizontales.

Se presentará un ejemplo de curvas horizontales donde el total de datos estará en la tabla de curvas horizontales.

CURVA No. 2

$$PI = 0+102.147.$$

$$\text{Deflexión } (\Delta) = 44^{\circ}09'07''.$$

$$e_{\text{Max}} = 10\%.$$

$$f = 0.23.$$

$$V_{\text{Diseño}} = 40 \text{ km/h.}$$

1. Radio mínimo.

$$R_{\text{MIN}} = \frac{V^2}{127.15(e_{\text{max}}+f)}$$

$$R_{\text{MIN}} = \frac{40^2}{127.15(0.1+0.23)} = 38.132m$$

Se utilizará un radio de diseño de 41m para que el eje de diseño se ajuste al eje existente del camino.

2.Tangente de la Curva.

$$T = R * \tan \frac{\Delta}{2} = 41 * \tan \frac{44^{\circ}09'07''}{2} = 16.628m$$

3.Longitud de Desarrollo de la curva.

$$LC = \frac{\pi * R * \Delta}{180}$$

$$LC = \frac{\pi * 41 * 44^{\circ}09'07''}{180} = 31.594m$$

4.Estacionamientos de los puntos notables.

$$PC = PI - T = (0 + 102.147) - 16.628 = 0 + 085.519$$

$$PT = PC + LC = (0 + 085.519) + 31.594 = 0 + 117.113$$

5.Grado de curvatura.

$$G_c = \frac{1145.92}{R}$$

$$G_c = \frac{1145.92}{41} = 27^{\circ}56'57''$$

7. Peralte requerido.

$$e_{req} = \frac{e_{max}}{G_{max}} (2G_{max} - G)G = \frac{0.1}{30^{\circ}03'5''} (2(30^{\circ}03'5'') - 27^{\circ}56'57'')27^{\circ}56'57''$$
$$= 9.95\% = 10\%$$

$$L_t = m * a * e$$

$$m = 1.5625 * 40 + 75 = 137.50$$

$$L_t = 137.50 * 3.30 * 10\% = 45.375m$$

$$N = a * b * m = 3.3 * 2 * 137.50 = 9.075m = 10m$$

$$A = PC - LT - N = 0+085.519 - 45.375 - 9.075 = 0+031.069$$

$$B = A + N = 0+031.069 + 9.075 = 0+040.144$$

$$C = B + N = 0+041.307 + 9.075 = 0+049.219$$

$$D = PC = 0+085.519$$

$$E = PT = 0+117.113$$

$$F = PT + LT - N = 0+117.113 + 45.375 - 9.075 = 0+153.413$$

$$G = PT + LT = 0+117.113 + 45.375 = 0+162.651$$

$$H = PT + LT + N = 0+118.276 + 45.375 + 9.075 = 0+171.563$$

8. Cálculo del sobre ancho.

$$SA = n \left[R - \sqrt{(R^2 - L^2)} \right] + \frac{0.10V}{\sqrt{R}}$$

Sobrecancho máximo

$$SA_{MAX} = 2 \left[38.132 - \sqrt{(38.132^2 - 6^2)} \right] + \frac{0.10 * 40}{\sqrt{38.132}} = 1.60m$$

Sobrecancho de la curva

$$SA = 2 \left[41 - \sqrt{(41^2 - 6^2)} \right] + \frac{0.10 \cdot 40}{\sqrt{41}} = 1.51$$

El software civil3d realiza el redondeo al inmediato superior múltiplo de 0.10 = 1.60.

6.15 Cálculo para curvas verticales.

Se presentará un ejemplo de curvas verticales donde el total de datos estará en la tabla de curvas verticales.

Curva No. 1

$$K = 9.01$$

$$P_1 = - 8.08\%$$

$$P_2 = + 5.58\%$$

$$PIV = 0+211.55$$

$$A = P_2 - P_1 = 5.58 - -8.08 = 13.66$$

Longitud de la curva.

$$L = K * A = 9.01 * 13.66 = 123.08m$$

El coeficiente K es tomado de los datos antes mencionados y este dictado por la tabla de valores de K para diferentes velocidades de diseño en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (Sieca 2011).

Mayor que la distancia mínima de parada donde se cumple la condición de seguridad donde $L > D_p$.

$$123.08 > 50 \text{ ok}$$

En la tabla No.51 página 113, se muestra un resumen de todos los parámetros del diseño del proyecto

Tabla 50: Parámetros de diseño del proyecto.

PARAMETRO	UNIDAD	CANTIDAD
Clasificación de la vía	montañoso	-
Derecho de vía	m	20
Velocidad de diseño	kph	40
Número de carriles	u	2
Ancho de carril	m	3.3
Ancho de rodamiento	m	6.6
Ancho de hombros	m	1.2
Ancho de corona	m	8.80
Vehículo de diseño	c2	-
Distancia entre ejes	m	6
Longitud de transición para emax	m	46m
Sobrecancho máximo	m	1.60
Coefficiente de fricción lateral	-	0.23
Radio mínimo	M	38.123
Grado máximo de curvatura	Gms	27
Peralte máximo	%	10
Desarrollo del peralte	Método AASHTO	Método del eje de la vía
Bombeo	%	2
Pendiente longitudinal máxima	%	23
Distancia de visibilidad de parada	m	50

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

- El estudio de tránsito refleja que la afluencia vehicular es mayoritariamente de vehículos livianos con 98 %. Para la proyección del tráfico se utilizó la estación de corta duración (ECD-305 San Sebastián de Yalí – La Rica) obteniendo una **tasa de crecimiento promedio de 3.6%**.
- Una vez determinada la tasa de crecimiento y factor de crecimiento **FC=7,095** se procedió a realizar el cálculo del tránsito de diseño proyectado para el año n, el cual fue 2035 ya que se utilizó un período de diseño de 15 años, obteniendo un **TPDA proyectado de 721** vehículos para el año 2035, para posteriormente calcular el número de repeticiones por eje equivalente (**ESAL´s**) de **242,374.1048** en un periodo de 15 años.
- En el Estudio de suelo se analizaron un total de 11 sondeos manuales con profundidades máximas de 1.30 metros. Los suelos por debajo de la línea de sub rasante están compuestos en su mayoría de grava con finos que corresponden a una grava arcillosa con arena color gris y grava limosa con arena del tipo **A-2-6 y a-1-b**, son tipos de suelo de regular calidad para ser utilizados como sub rasante. El cálculo del CBR de la Sub- Rasante resulto de **4.9%** se calcularon con un **percentil de 75%**.
- De acuerdo con el levantamiento topográfico pudimos definir los distintos tipos de pendientes, donde en su mayoría predominan pendientes que oscilan entre **15%-30%** clasificándolo, así como un terreno montañoso.
- Haciendo uso del método de diseño de pavimento de la AASHTO – 93, se obtuvo un resultado de 3 pulgadas de espesor de carpeta asfáltica, 7 pulgadas de espesor de base granular y 4 pulgadas de sub base, estos resultados cumplen con las especificaciones mínimas de la AASHTO – 93.

Los cálculos de la estructura de pavimento se realizaron de manera manual.

- De acuerdo con el Diseño Geométrico pudimos definir la velocidad de diseño, donde en el primer parte del tramo es una velocidad de 40 km/h.

RECOMENDACIONES.

- Colocar señales de tránsito, informativas y preventivas.
- Mantener medidas de seguridad durante la ejecución de la obra.
- Cuando se realice algún trabajo de topografía como replanteo o se levanten puntos, tomar puntos extendiéndose un poco más allá de los límites de propiedad.
- En lo que respecta al material obtenido del Banco de materiales, este debe de estar libre de materia orgánica, siendo este material ocupado para base de la estructura de pavimento.
- Garantizar que los materiales a utilizarse sean adquiridos en fábricas certificadas, como una forma de asegurarse de que cumplan con la calidad requerida y se comporten de buena forma.
- Realizar un estricto control de espesor y compactación de base y carpeta de rodamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (2006). *Diseño de pavimentos AASHTO-93*. AASHTO-93: Estados Unidos.
- AASHTO. (2006). *Diseño de pavimentos AASHTO-93*. AASHTO-93: Estados Unidos.
- Alfonso Rico Rodriguez. (1998). *Pavimentos Flexibles, Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias*. Queretaro: Publicación Técnica No. 104.
- Cal y Mayor Cardenas. (1998). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones 7° Edición*. ALFAOMEGA: Bogota.
- INIDE. (2018). *Anuario Estadístico*.
- Manual de Topografía y Planimetría Hudiel, I. S. (2008). *Manual de Topografía y Planimetría*. Estelí.
- Ministerio de Transporte é Infraestructura (MTI). (2018). *Anuario de Aforos de Tráfico*. Managua: MTI.
- MTI. (2000). *Especificaciones Generales Para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes NIC 2000*. Managua: MTI.
- MTI. (2008). *Manual de Revisión de Diseño de Pavimentos*. Managua: Corea y asociados.
- MTI. (2008). *Manual para la Revisión de Estudios topográficos*. Managua: MTI.
- Secretaria de Comunicaciones y Transportes. (2016). *Manual Para Obtener los Volúmenes de Tránsito en Carreteras*. Ciudad de Mexico .
- SIECA. (2001). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales*.
- SIECA. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. San jose: SIECA.
- SIECA. (2004). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales*. SIECA.
- SIECA 3ra Edición. (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras*. SIECA.
- Villalaz, C. (s.f.). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones 5ta Edición*.

ANEXOS

Fotografía 1: Tramo en estudio.



Fuente: Propia.

Fotografía 2: Tramo en estudio.



Fuente: Propia.

Tabla 51: Aforo vehicular día 1.

Fecha: Lunes 5/05/2020		Tramo: San Sebastián de Yalí - La Rica							Ubicación: 0+000				Sentidos: Ambos sentidos			
Hora		Vehículos Livianos							Vehículos de Carga							
		Bicicleta	Motos	Automoviles	Jeep	Camionetas	Microbus > 15 pas	MiniBus > 15-30 pas	Bus > 30 pas	C2 Liv 2-5 Ton	C2 > 5 Ton	C3	Tx - Sx <= 4			
6 - 7 am		1	12			2			1							
7 - 8 am		1	21	1		4			1	1	1					
8 - 9 am		1	33			7			2	1		1				
9 - 10 am			38			12			3		1	1				
10 - 11 am			40			10			2							
11 - 12 pm			37			11			2		1					
12 - 1 pm			26			9			2			1				
1 - 2 pm		2	21	2		8			2	1						
2 - 3 pm			32		1	16			3	1	1					
3 - 4 pm			35			8			1							
4 - 5 pm		2	20			5			2							
5 - 6 pm			7	1		2			1							
Total por Cada Vehículo		7	322	4	1	94	0	0	22	4	4	3	0			
Total 12 Horas		461														

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52: Aforo vehicular día 2.

Fecha: Martes 6/05/2020		Tramo: San Sebastián de Yalí - La Rica							Ubicación: 0+000				Sentidos: Ambos sentidos			
Hora		Vehículos Livianos							Vehículos de Carga							
		Bicicleta	Motos	Automoviles	Jeep	Camionetas	Microbus > 15 pas	MiniBus > 15-30 pas	Bus > 30 pas	C2 Liv 2-5 Ton	C2 > 5 Ton	C3	Tx - Sx <= 4			
6 - 7 am			12			2			1							
7 - 8 am			27			7			1	2						
8 - 9 am			27			5			2		1					
9 - 10 am			41			10	1		3	1						
10 - 11 am			39	2		10	1		2							
11 - 12 pm			33			12			2	2						
12 - 1 pm			15			6			2							
1 - 2 pm		2	11			7			2							
2 - 3 pm			14			8			3	1	1					
3 - 4 pm			25			3			1							
4 - 5 pm		2	10			6			2							
5 - 6 pm			12			1			1							
Total por Cada Vehículo		4	266	2	0	77	2	0	22	6	2	0	0			
Total 12 Horas		381														

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53: Aforo vehicular día 3.

Fecha: Miércoles 7/05/2020	Tramo: San Sebastián de Yalí - La Rica								Ubicación: 0+000				Sentidos: Ambos sentidos			
	Vehículos Livianos								Vehículos de Carga							
	Bicicleta	Motos	Automoviles	Jeep	Camionetas	Microbus > 15 pas	MiniBus > 15-30 pas	Bus > 30 pas	C2 Liv 2-5 Ton	C2 > 5 Ton	C3	Tx - Sx <= 4				
6 - 7 am	1	11			2			1	2							
7 - 8 am	1	24			5			1								
8 - 9 am		32	1		1			2		1						
9 - 10 am		18			6			3								
10 - 11 am		21			3			2	2							
11 - 12 pm		12			3			2								
12 - 1 pm		11	1		2			2								
1 - 2 pm	2	20			8			2								
2 - 3 pm		15			1			3		1						
3 - 4 pm		10						1								
4 - 5 pm		5			3			2								
5 - 6 pm		10			4			1								
Total por Cada Vehículo	4	189	2	0	38	0	0	22	4	2	0	0				
Total 12 Horas	261															

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54: Aforo vehicular día 4.

Fecha: Jueves 8/05/2020	Tramo: San Sebastián de Yalí - La Rica								Ubicación: 0+000				Sentidos: Ambos sentidos			
	Vehículos Livianos				Vehículos Pesados de Pasajeros				Vehículos de Carga							
	Bicicleta	Motos	Automoviles	Jeep	Camionetas	Microbus > 15 pas	MiniBus > 15-30 pas	Bus > 30 pas	C2 Liv 2-5 Ton	C2 > 5 Ton	C3	Tx - Sx <= 4				
6 - 7 am		10			2			1								
7 - 8 am	1	30	1		5			1	1	2	1					
8 - 9 am		32			1			2								
9 - 10 am		17						3	1		1					
10 - 11 am		23			6			2	1		1					
11 - 12 pm	1	12			4			2								
12 - 1 pm		11	1		1			2	1							
1 - 2 pm		24			6			2	1							
2 - 3 pm		21			5			3								
3 - 4 pm		15	1		3			1								
4 - 5 pm		12			2			2	1							
5 - 6 pm		7	1		5			1								
Total por Cada Vehículo	2	214	4	0	40	0	0	22	6	2	3	0				
Total 12 Horas	293															

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55: Aforo vehicular día 5.

Fecha: Viernes 9/05/2020		Tramo: San Sebastián de Yalí - La Rica							Ubicación: 0+000				Sentido: Ambos sentidos			
Hora		Vehículos Livianos							Vehículos de Carga							
		Bicicleta	Motos	Automoviles	Jeep	Camionetas	Microbus > 15 pas	MiniBus > 15-30 pas	Bus > 30 pas	C2 Liv 2-5 Ton	C2 > 5 Ton	C3	Tx - Sx <= 4			
6 - 7 am			14			2			1							
7 - 8 am	4		30			4			1	1						
8 - 9 am			33			7			2							
9 - 10 am			36			8			3		1					
10 - 11 am			26			7			2							
11 - 12 pm			28			3			2	1	1					
12 - 1 pm	1		38			10			2							
1 - 2 pm	1		29			11			2	2						
2 - 3 pm			20			6			3							
3 - 4 pm			15			5			1							
4 - 5 pm			10			3			2							
5 - 6 pm			7			2			1							
Total por Cada Vehículo	6		286	0	0	68	0	0	22	4	2	0	0			
Total 12 Horas	388															

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56: Aforo vehicular día 6.

Fecha: Sabado 10/05/2020		Tramo: San Sebastián de Yalí - La Rica							Ubicación: 0+000				Sentido: Ambos sentidos			
Hora		Vehículos Livianos							Vehículos de Carga							
		Bicicleta	Motos	Automoviles	Jeep	Camionetas	Microbus > 15 pas	MiniBus > 15-30 pas	Bus > 30 pas	C2 Liv 2-5 Ton	C2 > 5 Ton	C3	Tx - Sx <= 4			
6 - 7 am			10			2			1							
7 - 8 am	1		23			2			1	1						
8 - 9 am	1		47			13			2	3	1	1				
9 - 10 am	1		33			8			3							
10 - 11 am			20			8			2	1						
11 - 12 pm	1		19	1		13			2			1	1			
12 - 1 pm			38			5			2							
1 - 2 pm	3		38			17			2	1						
2 - 3 pm			47			16			3	2	1					
3 - 4 pm			35			10			1	1						
4 - 5 pm			20			8			2							
5 - 6 pm			15			5			1							
Total por Cada Vehículo	7		345	1	0	107	0	0	22	9	2	2	1			
Total 12 Horas	496															

Fuente: Elaboración propia.

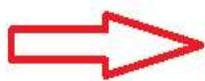
Tabla 57: Aforo vehicular día 7.

Fecha: Domingo 11/05/2020	Tramo: San Sebastián de Yalí - La Rica											
	Ubicación: 0+000						Sentido: Ambos sentidos					
Hora	Vehículos Livianos						Vehículos de Carga					
	Bicicleta	Motos	Automoviles	Jeep	Camionetas	Microbus > 15 pas	MiniBus > 15-30 pas	Bus > 30 pas	C2 Liv 2-5 Ton	C2 > 5 Ton	C3	Tx - Sx <= 4
6 - 7 am		10			2			1				
7 - 8 am		23			6			1		1		
8 - 9 am		49	1	2	15			2		1		
9 - 10 am	3	58			12			3			1	
10 - 11 am		45			10			2				
11 - 12 pm		29	1		11			2				
12 - 1 pm		28	1		4			2				
1 - 2 pm	1	32		1	8			2		1	1	
2 - 3 pm	1	63		2	13			3		2		
3 - 4 pm		50			8			1				
4 - 5 pm		30			5			2				
5 - 6 pm		20			10			1				
Total por Cada Vehículo	5	437	3	5	104	0	0	22	0	5	2	0
Total 12 Horas	583											

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58: Tráfico promedio diario anual histórico (EMC – 1802).

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Depart.	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA						
124	NIC-18A	1802	EMC	San Marcos - Masatepe	Carazo / Masaya	2018	5167	1548	319	1032	386	98	159	431	205	54		93						7	9,499					
						2017	4638	1379	346	1068	395	88	158	391	221	60		152				1				11	8,908			
						2016	3942	1453	430	1165	423	94	163	421	272	45		81									11	8,500		
						2015	3372	1291	370	993	388	85	161	382	235	36		80										9	7,402	
						2014	3176	1151	348	936	320	75	145	369	240	41		69										13	6,883	
						2013	2691	1161	319	875	318	86	145	351	187	25		52											11	6,221
						2012	2789	1084	357	895	341	72	130	347	230	24	2	44									1	8	6,324	
						2011	1971	978	309	803	322	60	139	286	195	27		35											7	5,132
						2010	1501	1076	336	843	356	82	154	290	214	36		40											8	4,936
						2009	1326	1068	363	885	340	76	164	323	258	34		42											8	4,887
						2008	1056	944	327	917	349	78	175	335	270	42		46								1	1	13	4,554	
						2004	288	814	305	1012	281	72	213	321	241	14		37								0		8	3,608	
						2002	234	827	388	1113	260	61	190	223	237	25		31								1		13	3,602	
						1999	224	585	287	938	142	66	196	208	150	34		21								2		17	2,871	
						1997	184	500	234	746	18	69	169	91	206	18		13											12	2,260
125	NIC-18A	1804	ECD	Masatepe - Catarina	Masaya	2013	3670	1260	390	1084	303	62	277	439	231	57	2	81						8	7,864					
						2010	2570	1103	310	893	344	15	265	311	248	51	1	84									2	6,197		
						2009	2491	1258	323	1111	332	9	268	398	262	49	3	42										9	6,556	
						2008	598	1003	367	984	284	7	257	338	212	38		33										9	4,130	
						2007	614	860	287	1046	284	8	277	325	276	46	1	52	1									11	4,087	
						2004	344	863	284	1702	318	4	282	321	273	32	1	23	0	0	1						18	4,465		
						2002	274	1043	375	1322	276	5	403	239	232	28		35								1		6	4,239	
						1999	296	685	352	1245	203	13	385	254	198	45	1	27								2	2	14	3,722	
						1997	265	569	259	863	32	13	311	157	215	30		12											11	2,737
						EMC: 401																								
Tasa Crecimiento:						4.20%	2018	4509	1548	479	1332	372	76	340	539	284	70	2	100					10	9,662					



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59: Tráfico promedio diario anual histórico (ECD – 3503).

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Depart.	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4t	Tx-Sx >= 5t	Cx-Rx <= 4t	Cx-Rx >= 5t	V.A	V.C	Otros	TPDA					
217	NIC-35C	2605	ECS	El Jicaral - Santa Rosa del Peñón	León	2014	70	15	12	66	8	7	12	25	20			17				1		253					
						2010	54	12	3	37			10	16	5		5										142		
						2005	16		7	43			11	10	5		13											104	
						2002	13	3	10	30	7		8	6	7									1		1	85		
						1999	2	1	9	66			12	5	1	18	17					4			2	2		139	
EMC: 1802																													
Tasa Crecimiento:						7.32%	2018	93	20	16	88	11	9	16	33	27		23				1		336					
218	NIC-35D	3503	ECD	San Sebastián de Yalí - La Rica	Jinoteга	2015	184	3	2	162		2	14	11	10										388				
						2009	187		10	103			19	2	18	3												342	
						2006	33		6	69			17	6	15														146
						2002	28	1	12	80			15	16	15														168
						1999	24		10	72			22	6	9														143
EMC: 1802																													
Tasa Crecimiento:						7.32%	2018	227	4	2	200		2	17	14	12									480				



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60: Indicadores macroeconómicos.

Principales indicadores macroeconómicos - Main macroeconomic indicators		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Conceptos - Concepts														
PIB (a precios constantes) ^{1/} - Real GDP ^{1/} →		118,837.7	124,870.3	129,160.5	124,907.7	130,416.3	138,654.2	147,661.4	154,936.8	162,351.3	170,131.6	177,894.9	186,212.4	179,107.0
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP		118,837.7	136,950.2	164,602.4	168,791.3	187,052.6	219,182.2	247,993.9	271,529.8	308,403.1	347,707.3	380,260.8	416,012.8	413,910.6
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)		6,763.7	7,423.4	8,497.0	8,298.7	8,758.6	9,774.3	10,532.5	10,983.0	11,880.4	12,756.7	13,286.0	13,843.7	13,117.9
Población (miles de habitantes) ^{2/} - Population (thousands) ^{2/} →		5,638.0	5,707.9	5,778.8	5,850.5	5,923.1	5,996.6	6,071.0	6,134.3	6,198.2	6,262.7	6,327.9	6,393.8	6,460.4
Base monetaria - Monetary base		8,121.8	9,847.8	10,369.5	12,425.7	14,549.8	18,278.0	19,174.4	20,466.9	23,502.5	29,661.4	29,138.0	33,113.6	30,132.7
Depósitos totales ^{3/} - Total deposits ^{3/}		38,792.8	45,454.7	48,776.4	56,489.1	70,400.3	82,043.5	86,550.1	98,591.8	117,345.7	133,636.1	145,144.1	160,719.0	127,434.1
Cartera de crédito bruta ^{4/} - Gross credit portfolio ^{4/}		31,941.8	42,026.3	47,198.6	44,241.7	45,289.1	53,852.4	69,457.2	84,281.8	100,712.1	123,839.2	146,721.6	167,150.3	152,240.2
Balance del SPNF a/d - Balance of NFPF (before grants)		(3,464.2)	(2,905.7)	(4,875.2)	(6,576.7)	(4,121.9)	(3,457.3)	(4,144.5)	(5,803.4)	(7,957.3)	(9,906.2)	(11,823.3)	(12,742.6)	(19,449.3)
Balance del SPNF d/d - Balance of NFPF (after grants)		578.6	1,311.1	(1,027.8)	(2,195.7)	(1,101.6)	354.2	(626.5)	(3,024.2)	(4,541.5)	(5,593.4)	(7,580.1)	(8,453.7)	(16,945.1)
1/	: PIB 2006-2018 (año de referencia 2006) - GDP 2006-2018 (reference year 2006).													
2/	: Información de la Encuesta Continua de Hogares correspondiente al promedio de cada año - Information from the households continuing survey, corresponding to the average of each year													
3/	: Los datos de inflación han sido calculados en base a IPC: 2001-2018 (base 2006) - Inflation data have been calculated based on the CPI: 2001-2018 (base 2006).													
4/	: Forma parte del financiamiento interno (según MEFP 2001) - This concept is part of domestic financing (GFSM, 2001).													
5/	: Incluye ingresos de privatización - Include Privatization revenues.													
6/	: Desde 2006, se define de acuerdo con la sexta edición del manual de balanza de pagos del FMI - Since 2006, it is defined according to the sixth edition of the Balance of payments manual from the IMF.													
7/	: Incluye exportaciones de bienes y servicios considerando el valor total de zonas francas - Includes exports of goods and services considering the gross export of free zones													
8/	: Estimaciones de población promedio para cada año, con base en el censo de población 2005 y de ENDESA 2006-2007, revisión 2012 - Estimates of average population for each year, based on the 2005 population census and the Nicaraguan demographic and health survey 2006-2007, 2012 revision.													
9/	: No incluye otras obligaciones con el público - Does not include other obligations with the public.													
10/	: Incluye intereses y comisiones por cobrar - Include interest and fees receivable.													
Nota	: Tasa de desempleo 2018, corresponde al promedio del I, II y III trimestre - Unemployment rate 2018, corresponds to the average of I, II and quarter.													
Fuente - Source	: BCN - Central Bank of Nicaragua (BCN).													

Fuente: Informe Anual del BCN -2018, pág. 8

Tabla 61: Consumo de hidrocarburos.

Conceptos - Concepts	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017 ^{p/}	2018 ^{p/}
Gas licuado - Liquefied petroleum gas	672.1	714.7	707.5	747.4	875.4	792.6	940.2	1,056.9	1,094.4	1,233.9	1,349.4	1,438.9	1,430.0
Gasolina - Gasoline	1,622.9	1,715.9	1,705.9	1,820.1	1,860.8	1,914.0	2,055.1	2,132.3	2,273.5	2,581.6	2,846.0	2,968.9	2,781.0
Kero/turbo - Kero/turbo	201.5	240.0	216.0	191.8	180.0	187.4	208.6	201.9	214.9	244.9	243.5	272.3	204.0
Diesel - Diesel	3,079.7	3,505.7	3,152.9	3,115.1	3,282.3	3,474.0	3,560.7	3,655.9	3,853.6	4,232.1	4,441.5	4,627.5	4,279.3
Fuel oil - Fuel oil	3,646.8	3,437.7	3,437.3	3,812.1	3,297.0	3,894.5	3,442.7	3,037.7	3,078.6	3,501.2	3,411.6	2,954.0	2,891.6
Asfalto - Asphalt	78.4	118.3	111.4	69.9	82.4	114.0	104.9	69.5	64.4	115.5	131.3	95.4	113.3

1/ : Incluye el consumo de operación de la Refinería - It includes refineries operation consumption.
p/ : Preliminar - Preliminary.
Fuente - Source : MEM y BCN - Ministry of Energy and Mines (MEM) and Central Bank of Nicaragua (BCN).

Fuente: Informe Anual del BCN -2018, pág. 36.

Tabla 62: Diagrama de cargas permisibles vehículos livianos.

Tipo de Vehículo	Peso por eje (TON)	Peso por eje (LBS)
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-15-30	4/8	8800/17600
C-2 LIV	4/8	8800/17600
BUS=C2	5/10	11000/22000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63: Diagrama de cargas permisibles vehículos pesados.

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (t) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		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		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		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

NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.
a.: Eje sencillo llanta sencilla.
b.: Eje sencillo llanta doble.

Fuente: Ministerio de transporte e infraestructura (2018).

Tabla 64: Factores equivalentes de cargas, Ejes Simples.

Tabla 3.1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_i = 2.0$

Carga por eje (kips)	(kN)	SN						
		1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0) ↓	6.0 (152.4)	
2.2	2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
	4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
4.4	6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
	8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
8.8,9.9	10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.079	.076
11	12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
	14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
14.3	16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
	18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
→	22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	→ 2.35	2.41
	24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.46	3.51
	26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
	28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
	30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
	32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
	34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
	36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
	38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
	40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
	42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
	44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
	46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
	48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
	50	222.5	113	108	97	86	81	82

Fuente: (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006)

Tabla 65: Factores equivalentes de cargas, Ejes Tándem.

Tabla 3.2. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN					
(kíps)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9

Fuente: (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006)

Fotografía 3: Realización de sondeos manuales.



Fuente: Propia.

Fotografía 4: Identificación del material.



Fuente: Propia.

Fotografía 5: Realización del tamizado.



Fuente: Propia.

Fotografía 6: Ensayo de Proctor.



Fuente: Propia.

Fotografía 7: CBR sumergido por 4 días.



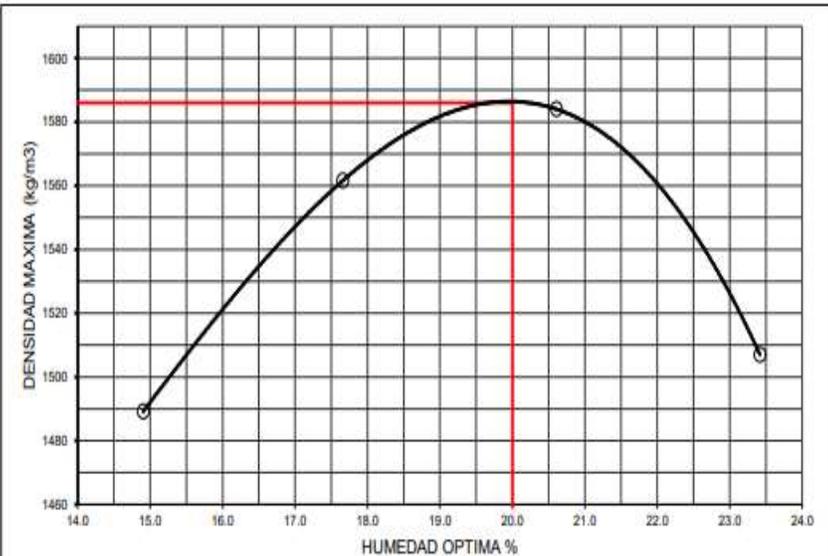
Fuente: Propia.

Fotografía 8: Prueba de penetración al CBR.



Fuente: Propia.

Tabla 66: Resultado de Proctor y CBR de la estación 0+000.

 DISEÑO Y SUPERVISIÓN, CONTROL DE CALIDAD, S.A. SEMÁFOROS DEL SEMINARIO 1 CUADRA AL LAGO, 1 CUADRA ABAJO. TELEFAX: (505) 2250-0010 dysconcsa@gmail.com www.dysconcsa.net					
RELACION DENSIDAD Vs HUMEDAD (PROCTOR) ASTM D 698 / 1557					
Proyecto	DISEÑO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON REVESTIMIENTO ASFALTICO EN EL MUNICIPIO DE YALI - EL COYOLAR				
Cliente					
Fecha de ensayo	28-sep-20	Sondeo Manual	SM-1, Est. 0+000, B/D		
Ubicación	Yali - Coyolar	Muestra	#3		
Operador	Saul Tellez	Profundidad (m)	0.70 - 1.20		
PROCTOR: ESTANDAR					
DETERMINACIÓN	1	2	3	4	5
Agua Agregada	15%	17%	20%	23%	
Peso Molde + material húmedo	13626.0	13901.0	14060.0	13990.0	
Peso del molde gr	9900.0	9900.0	9900.0	9900.0	
Peso de material húmedo gr	3726.0	4001.0	4160.0	4090.0	
Volumen del molde molde (cm ³)	2177.52	2177.52	2177.52	2177.52	
Densidad húmeda kg/m ³	1711	1837	1910	1860	
Tara N°	T-10	AC-2	DE-17	A-59	
Tara + material húmedo gr.	343.2	260.0	408.8	453.4	
Tara + material seco gr.	304.6	219.8	346.6	376.1	
Peso del agua gr.	38.6	30.5	62.2	77.3	
Peso de la Tara gr.	45.6	46.8	44.8	46.0	
Peso de suelo seco gr.	259.0	172.7	301.8	330.1	
Contenido de agua %	14.9	17.7	20.6	23.4	
Densidad seca kg/m ³	1489	1562	1584	1507	
Tipo molde	4" ✓	6"	diámetro		
Metodo	A	B	C ✓		
Clasificación USCS :	Golpe por capa: 25		Numero de capa: 3		ASTM 698 ✓ / 1557
		Volumen Molde		Peso del Martillo (lb)	Peso molde
		2177.52 cm ³		5.5	9900 gr
				T° Secado 60°C/110°C	
					
VALORES DE DENSIDAD SECA MAXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA					
DENSIDAD MAXIMA (Kg/m ³) 1,586					
HUMEDAD ÓPTIMA % 20.0					
OBSERVACIONES: _____					
REPRESENTANTE DYSCONCSA					
Ing. Juan Carlos Vargas R. NOMBRE Y FIRMA					
FICHA					

**BEARING RATIO TESTING RESULTS
(ASTM D1883-99)**

Date:
Project No.:
Project: DISEÑO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON REVESTIMIENTO ASFALTICO E
Location: SM-1, EST:0+000, B/D
Depth: 0.70 - 1.20 m **Sample Number:** 4
Material Description: Grava limosa, color cafe.
USCS Classification: GM
Liquid Limit: 50 **Plasticity Index:** 18

Test Description:
Maximum Dry Density, kg/m³: 1586 **Optimum Moisture Content, %:** 20.0
Testing Remarks:

Sample 1 (56 Blows; Surcharge: 10 lbs.)

Water Content
 Wt. Wet Soil+Tare, gms. 330 Wt. Soil+Tare, gms. 284 Wt. Tare, gms. 56.5 **Moisture, % 20.2**

Unit Weight
 Wt. Mold+Soil, gms. 11300 Wt. Mold, gms. 7230 Ht. Soil, in. 4.56 **Density, kg/m³ 1602**

Swell Data

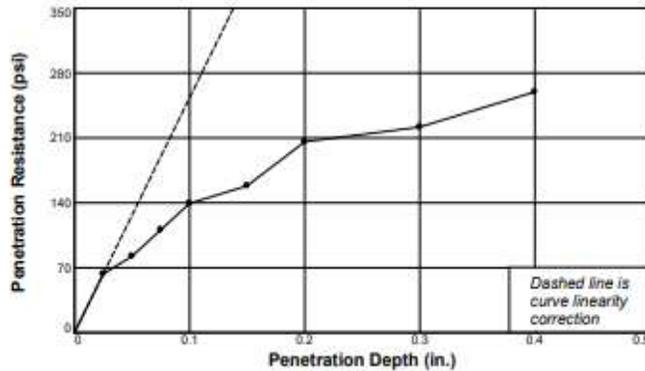
Elapsed Time, hrs.	Dial Reading in. x 1,000	Swell %
0	0	0.0
96	30	0.7

Final Water Content

	Wt. Wet Soil+Tare, gms.	Dry Soil+Tare	Tare	Moisture, %
Bottom	350	277	0	26.4

Penetration Test Data

Pen. in.	Dial Reading	Stress psi	CBR %
0.0	0	0.0	
0.025	20	63.3	
0.05	26	82.3	
0.075	35	110.8	
0.1	44	139.3	13.9
0.15	50	158.3	
0.2	65	205.8	13.7
0.3	70	221.7	11.7
0.4	82	259.7	11.3



Dysconcsa

Sample 2 (25 Blows; Surcharge: 10 lbs.)

Water Content

Wt. Wet Soil+Tare, gms. 334.8 Wt. Soil+Tare, gms. 287.8 Wt. Tare, gms. 58.6 **Moisture, % 20.5**

Unit Weight

Wt. Mold+Soil, gms. 11250 Wt. Mold, gms. 7340 Ht. Soil, in. 4.56 **Density, kg/m³ 1536**

Swell Data

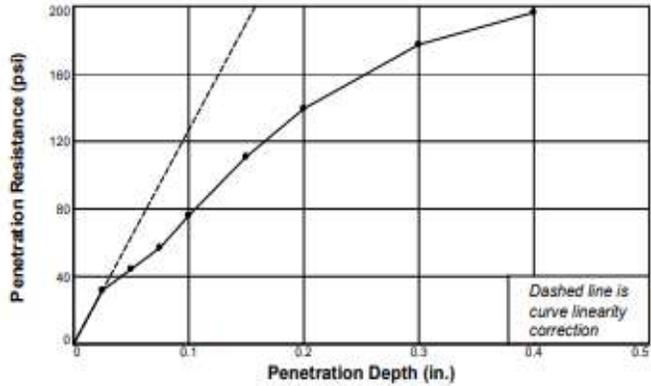
Elapsed Time, hrs.	Dial Reading in. x 1,000	Swell %
0	0	0.0
96	48	1.1

Final Water Content

	Wt. Wet Soil+Tare, gms.	Dry Soil+Tare	Tare	Moisture, %
Bottom	330.7	270.4	45.6	26.8

Penetration Test Data

Pen. in.	Dial Reading	Stress psi	CBR %
0.0	0	0.0	
0.025	10	31.7	
0.05	14	44.3	
0.075	18	57.0	
0.1	24	76.0	7.6
0.15	35	110.8	
0.2	44	139.3	9.3
0.3	56	177.3	9.3
0.4	62	196.3	8.5



Sample 3 (12 Blows; Surcharge: 10 lbs.)

Water Content

Wt. Wet Soil+Tare, gms. 316.2 Wt. Soil+Tare, gms. 272.8 Wt. Tare, gms. 43.4 **Moisture, % 18.9**

Unit Weight

Wt. Mold+Soil, gms. 10780 Wt. Mold, gms. 7120 Ht. Soil, in. 4.56 **Density, kg/m³ 1457**

Swell Data

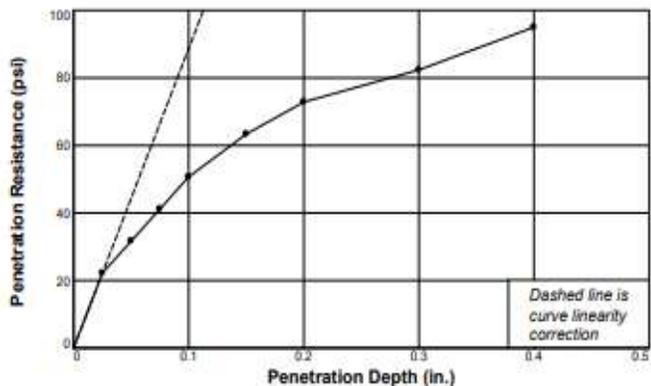
Elapsed Time, hrs.	Dial Reading in. x 1,000	Swell %
0	0	0.0
96	58	1.3

Final Water Content

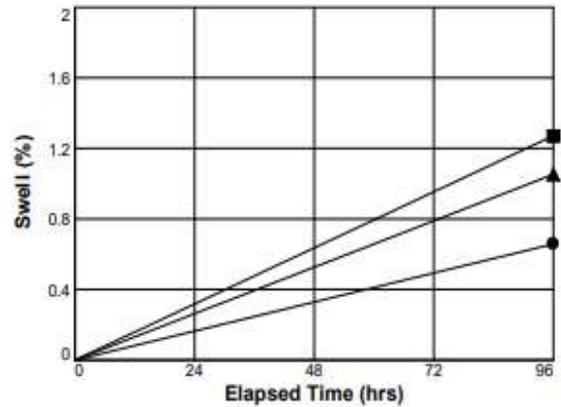
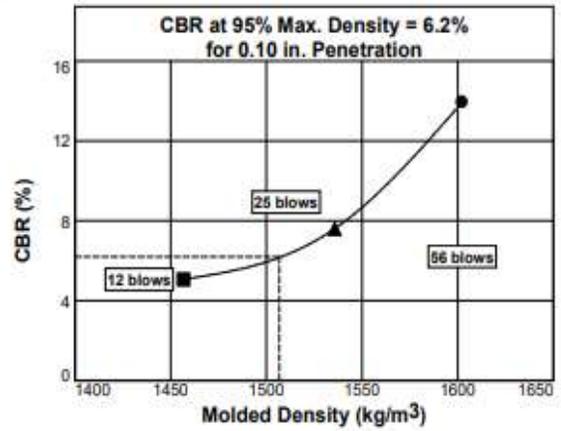
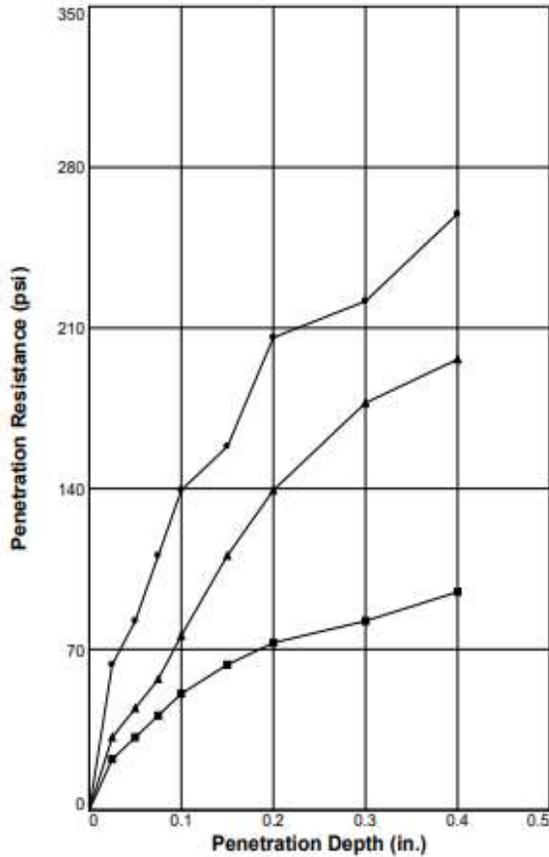
	Wt. Wet Soil+Tare, gms.	Dry Soil+Tare	Tare	Moisture, %
Bottom	306.4	251.2	46	26.9

Penetration Test Data

Pen. in.	Dial Reading	Stress psi	CBR %
0.0	0	0.0	
0.025	7	22.2	
0.05	10	31.7	
0.075	13	41.2	
0.1	16	50.7	5.1
0.15	20	63.3	
0.2	23	72.8	4.9
0.3	26	82.3	4.3
0.4	30	95.0	4.1



BEARING RATIO TEST REPORT ASTM D1883-99



	Molded			Soaked			CBR (%)		Linearity Correction (in.)	Surcharge (lbs.)	Max. Swell (%)
	Density (kg/m ³)	Percent of Max. Dens.	Moisture (%)	Density (kg/m ³)	Percent of Max. Dens.	Moisture (%)	0.10 in.	0.20 in.			
1 ○	1602	101	20.2	1592	100.4	26.4	13.9	13.7	0.000	10	0.7
2 △	1536	96.8	20.5	1520	95.8	26.8	7.6	9.3	0.000	10	1.1
3 □	1457	91.9	18.9	1438	90.7	26.9	5.1	4.9	0.000	10	1.3
Material Description							USCS	Max. Dens. (kg/m ³)	Optimum Moisture (%)	LL	PI
Grava limosa, color cafe.							GM	1586	20.0	50	18

Project No:

Project: DISEÑO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON REVESTIMIENTO ASFALTICO EN EL MUNICIPIO DE YALI

Source of Sample: SM-1, EST:0+000, B/D

Sample Number: 4 **Depth:** 0.70 - 1.20 m

Date:

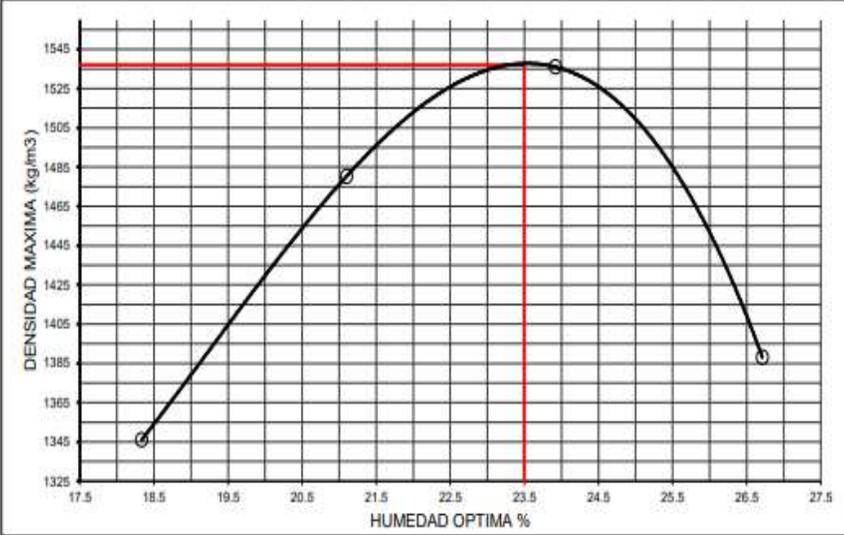
Test Description/Remarks:

BEARING RATIO TEST REPORT

DYSCONCSA

Figure _____

Tabla 67: Resultado de Proctor y CBR de la estación 2+000.

 DISEÑO Y SUPERVISIÓN, CONTROL DE CALIDAD, S.A. SEMÁFOROS DEL SEMINARIO 1 CUADRA AL LAGO, 1 CUADRA ABAJO. TELEFAX: (505) 2250-0010 dysconcsa@gmail.com www.dysconcsa.net					
RELACION DENSIDAD Vs HUMEDAD (PROCTOR) ASTM D 698 / 1557					
Proyecto	DISEÑO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON REVESTIMIENTO ASFALTICO EN EL MUNICIPIO DE YALI - EL COYOLAR				
Cliente					
Fecha de ensayo	28-sep-20	Sondeo Manual	SM-5, Est. 2+000, B/D		
Ubicación	Yali - Coyolar	Muestra	#3		
Operador	Saul Tellez	Profundidad (m)	0.70 - 1.20		
PROCTOR: ESTANDAR					
DETERMINACIÓN	1	2	3	4	5
Agua Agregada	18%	21%	23%	26%	
Peso Molde + material húmedo	6827.0	7011.0	7113.0	6980.0	
Peso del molde gr.	5360.0	5360.0	5360.0	5360.0	
Peso de material húmedo gr.	1467.0	1651.0	1753.0	1620.0	
Volumen del molde molde (cm ³)	921.00	921.00	921.00	921.00	
Densidad húmeda kg/m ³	1593	1793	1903	1759	
Tara N°	P-6	L-24	P-4	P-4	
Tara + material húmedo gr.	281.4	320.8	360.6	404.4	
Tara + material seco gr.	245.3	273.2	300.3	329.6	
Peso del agua gr.	36.1	47.6	60.3	74.9	
Peso de la Tara gr.	48.4	47.6	48.2	49.1	
Peso de suelo seco gr.	196.9	225.6	252.1	280.4	
Contenido de agua %	18.3	21.1	23.9	26.7	
Densidad seca kg/m ³	1346	1480	1536	1388	
Tipo molde	4" ✓	6" B	diámetro		
Metodo	A	B	C ✓		
Clasificación USCS:	Golpe por capa: 25		Numero de capa: 3	ASTM 698 ✓	1557
			T° Secado 60°C/110°C		
					
VALORES DE DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA.					
DENSIDAD MÁXIMA (Kg/m ³)					
1,537					
HUMEDAD ÓPTIMA %					
23.5					
OBSERVACIONES:			REPRESENTANTE DYSCONCSA		
			Ing. Juan Carlos Vargas R. NOMBRE Y FIRMA		
			FECHA:		

**BEARING RATIO TESTING RESULTS
(ASTM D1883-99)**

Date:
Project No.:
Project: DISEÑO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON REVESTIMIENTO ASFALTICO E
Location: SM-5, EST: 2+000, B/D
Depth: 0.25 - 1.20 m **Sample Number:** 3
Material Description: Grava limosa con arena, color gris.
USCS Classification: GM
Liquid Limit: 53 **Plasticity Index:** 19

Test Description:
Maximum Dry Density, kg/m³: 1537 **Optimum Moisture Content, %:** 23.5
Testing Remarks:

Sample 1 (56 Blows; Surcharge: 10 lbs.)

Water Content

Wt. Wet Soil+Tare, gms. 318 Wt. Soil+Tare, gms. 265 Wt. Tare, gms. 42.5 **Moisture, % 23.8**

Unit Weight

Wt. Mold+Soil, gms. 12460 Wt. Mold, gms. 8420 Ht. Soil, in. 4.56 **Density, kg/m³ 1544**

Swell Data

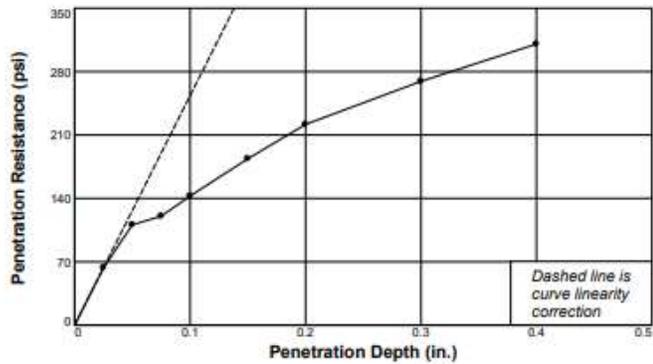
Elapsed Time, hrs.	Dial Reading in. x 1,000	Swell %
0	0	0.0
96	25	0.5

Final Water Content

	Wt. Wet Soil+Tare, gms.	Dry Soil+Tare	Tare	Moisture, %
Bottom	300	238	45	32.1

Penetration Test Data

Pen. in.	Dial Reading	Stress psi	CBR %
0.0	0	0.0	
0.025	20	63.3	
0.05	35	110.8	
0.075	38	120.3	
0.1	45	142.5	14.3
0.15	58	183.7	
0.2	70	221.7	14.8
0.3	85	269.2	14.2
0.4	98	310.3	13.5



Dysconcsa

Sample 2 (25 Blows; Surcharge: 10 lbs.)

Water Content

Wt. Wet Soil+Tare, gms. 318.2 Wt. Soil+Tare, gms. 266.2 Wt. Tare, gms. 48 **Moisture, % 23.8**

Unit Weight

Wt. Mold+Soil, gms. 12300 Wt. Mold, gms. 8440 Ht. Soil, in. 4.56 **Density, kg/m³ 1475**

Swell Data

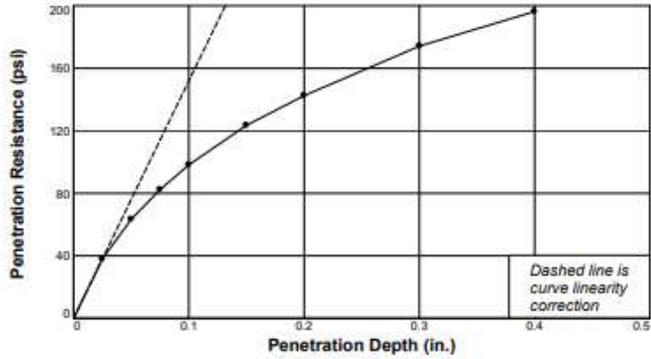
Elapsed Time, hrs.	Dial Reading in. x 1,000	Swell %
0	0	0.0
96	34	0.7

Final Water Content

	Wt. Wet Soil+Tare, gms.	Dry Soil+Tare	Tare	Moisture, %
Bottom	311.4	246	44.8	32.5

Penetration Test Data

Pen. in.	Dial Reading	Stress psi	CBR %
0.0	0	0.0	
0.025	12	38.0	
0.05	20	63.3	
0.075	26	82.3	
0.1	31	98.2	9.8
0.15	39	123.5	
0.2	45	142.5	9.5
0.3	55	174.2	9.2
0.4	62	196.3	8.5



Sample 3 (12 Blows; Surcharge: 10 lbs.)

Water Content

Wt. Wet Soil+Tare, gms. 279.7 Wt. Soil+Tare, gms. 235.2 Wt. Tare, gms. 44.5 **Moisture, % 23.3**

Unit Weight

Wt. Mold+Soil, gms. 11055 Wt. Mold, gms. 7420 Ht. Soil, in. 4.56 **Density, kg/m³ 1395**

Swell Data

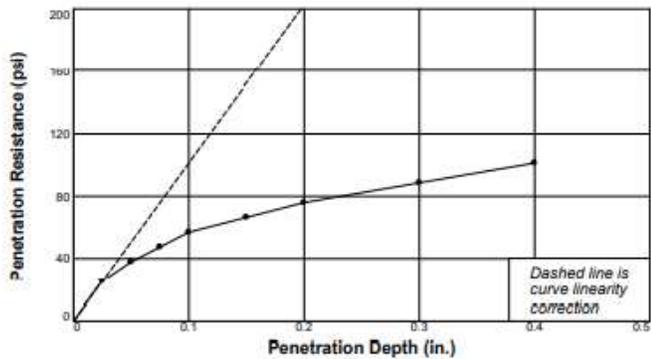
Elapsed Time, hrs.	Dial Reading in. x 1,000	Swell %
0	0	0.0
96	40	0.9

Final Water Content

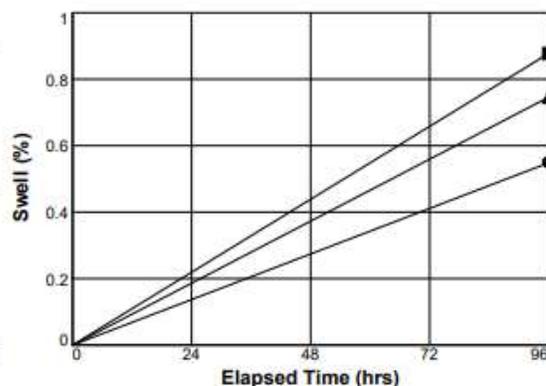
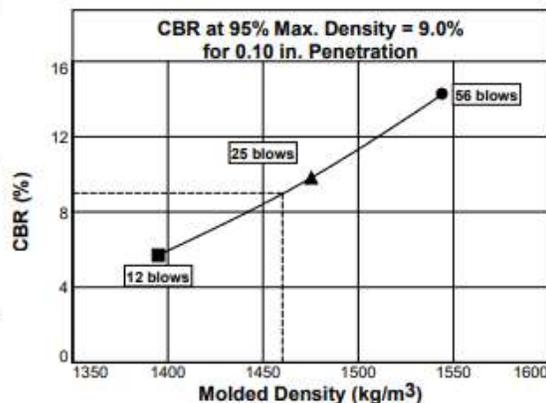
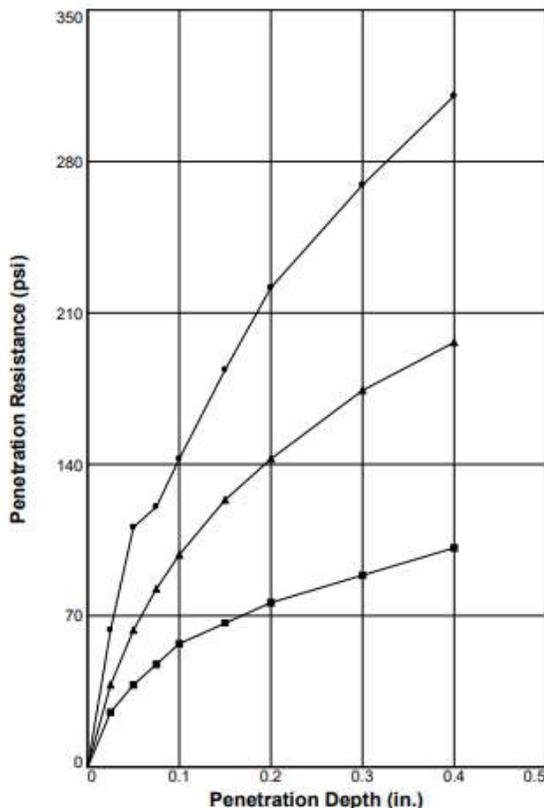
	Wt. Wet Soil+Tare, gms.	Dry Soil+Tare	Tare	Moisture, %
Bottom	265.2	212.0	46.8	32.2

Penetration Test Data

Pen. in.	Dial Reading	Stress psi	CBR %
0.0	0	0.0	
0.025	8	25.3	
0.05	12	38.0	
0.075	15	47.5	
0.1	18	57.0	5.7
0.15	21	66.5	
0.2	24	76.0	5.1
0.3	28	88.7	4.7
0.4	32	101.3	4.4



BEARING RATIO TEST REPORT ASTM D1883-99

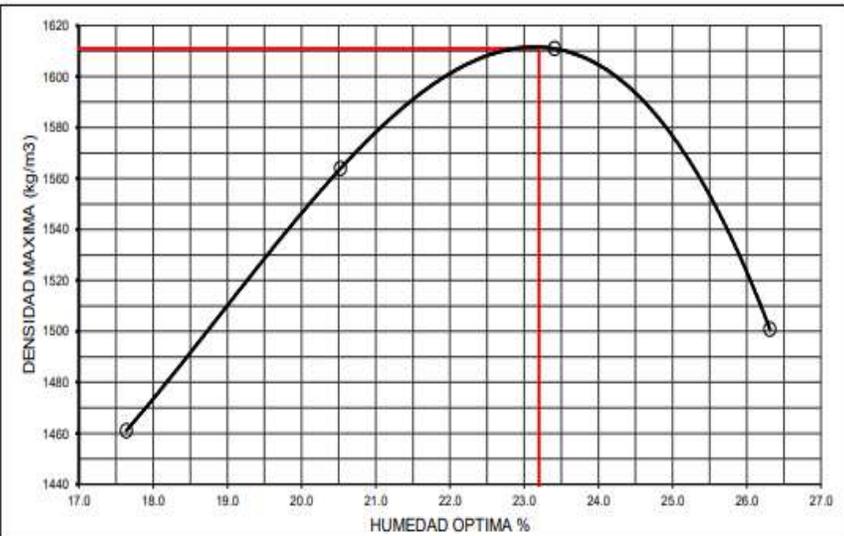


	Molded			Soaked			CBR (%)		Linearity Correction (in.)	Surcharge (lbs.)	Max. Swell (%)					
	Density (kg/m³)	Percent of Max. Dens.	Moisture (%)	Density (kg/m³)	Percent of Max. Dens.	Moisture (%)	0.10 in.	0.20 in.								
1 ○	1544	100.5	23.8	1536	99.9	32.1	14.3	14.8	0.000	10	0.5					
2 △	1475	96	23.8	1464	95.3	32.5	9.8	9.5	0.000	10	0.7					
3 □	1395	90.8	23.3	1383	90	32.2	5.7	5.1	0.000	10	0.9					
Material Description							USCS		Max. Dens. (kg/m³)		Optimum Moisture (%)		LL		PI	
Grava limosa con arena, color gris.							GM		1537		23.5		53		19	

<p>Project No:</p> <p>Project: DISEÑO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON REVESTIMIENTO ASFALTICO EN EL MUNICIPIO DE YALI</p> <p>Source of Sample: SM-5, EST: 2+000, B/D</p> <p>Sample Number: 3 Depth: 0.25 - 1.20 m</p> <p>Date:</p>	<p>Test Description/Remarks:</p>
<p>BEARING RATIO TEST REPORT</p> <p>DYSCONCSA</p>	
<p>Figure _____</p>	

Fuente: Empresa DYSCONCSA.

Tabla 68: Resultado de Proctor y CBR de la estación 3+000.

 DISEÑO Y SUPERVISION, CONTROL DE CALIDAD, S.A. SEMÁFOROS DEL SEMINARIO 1 CUADRA AL LAGO, 1 CUADRA ABAJO. TELEFAX: (505) 2250-0010 dysconcsa@gmail.com www.dysconcsa.net					
RELACION DENSIDAD Vs HUMEDAD (PROCTOR) ASTM D 698 / 1557					
Proyecto	DISEÑO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON REVESTIMIENTO ASFALTICO EN EL MUNICIPIO DE YALI - EL COYOLAR				
Cliente					
Fecha de ensayo	29-sep-20	Sondeo Manual	SM-7, Est. 3+000, B/D		
Ubicación	Yali - Coyolar	Muestra	#3		
Operador	Saul Tellez	Profundidad (m)	0.15 - 1.30		
PROCTOR: ESTANDAR					
DETERMINACIÓN	1	2	3	4	5
Agua Agregada	17%	20%	23%	26%	
Peso Molde + material húmedo	6943.0	7096.0	7191.0	7106.0	
Peso del molde gr	5360.0	5360.0	5360.0	5360.0	
Peso de material húmedo gr	1583.0	1736.0	1831.0	1746.0	
Volumen del molde molde (cm ³)	921.00	921.00	921.00	921.00	
Densidad húmeda kg/m ³	1719	1885	1988	1896	
Tara N°	N-10	K-5	E-6	P-4	
Tara + material húmedo gr.	302.1	351.6	391.7	429.6	
Tara + material seco gr.	264.0	301.6	328.4	351.4	
Peso del agua gr.	38.1	50.0	63.3	78.2	
Peso de la Tara gr.	48.0	58.0	58.0	54.2	
Peso de suelo seco gr.	216.0	243.6	270.4	297.2	
Contenido de agua %	17.6	20.5	23.4	26.3	
Densidad seca kg/m ³	1461	1564	1611	1501	
Tipo molde	4" <input checked="" type="checkbox"/>	6" <input type="checkbox"/>	diámetro		
Metodo	A <input checked="" type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input checked="" type="checkbox"/>		
Clasificación USCS:	Golpe por capa: 25	Numero de capa: 3	ASTM 698 <input checked="" type="checkbox"/>	1557	
			T° Secado	60°C/110°C	
					
VALORES DE DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA.					
DENSIDAD MÁXIMA (Kg/m ³)					
1,611					
HUMEDAD ÓPTIMA %					
23.2					
OBSERVACIONES:			REPRESENTANTE DYSCONCSA		
_____ _____ _____ _____			Ing. Juan Carlos Vargas R. NOMBRE Y FIRMA		
			_____ TÍTULO		

**BEARING RATIO TESTING RESULTS
(ASTM D1883-99)**

Date:
Project No.:
Project: DISEÑO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON REVESTIMIENTO ASFALTICO E
Location: SM-7, EST: 3+000, B/D
Depth: 0.15 - 1.30 m **Sample Number:** 1
Material Description: Grava limosa con arena, color morado.
USCS Classification: GM
Liquid Limit: 55 **Plasticity Index:** 20

Test Description:
Maximum Dry Density, kg/m³: 1611 **Optimum Moisture Content, %:** 23.2
Testing Remarks:

Sample 1 (56 Blows; Surcharge: 10 lbs.)

Water Content

Wt. Wet Soil+Tare, gms. 250 Wt. Soil+Tare, gms. 212 Wt. Tare, gms. 47 **Moisture, % 23.0**

Unit Weight

Wt. Mold+Soil, gms. 11670 Wt. Mold, gms. 7460 Ht. Soil, in. 4.56 **Density, kg/m³ 1620**

Swell Data

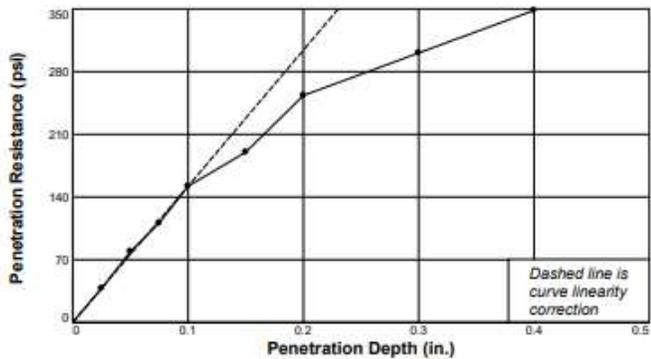
Elapsed Time, hrs.	Dial Reading in. x 1,000	Swell %
0	0	0.0
96	25	0.5

Final Water Content

	Wt. Wet Soil+Tare, gms.	Dry Soil+Tare	Tare	Moisture, %
Bottom	300	235	45	34.2

Penetration Test Data

Pen. in.	Dial Reading	Stress psi	CBR %
0.0	0	0.0	
0.025	12	38.0	
0.05	25	79.2	
0.075	35	110.8	
0.1	48	152.0	15.2
0.15	60	190.0	
0.2	80	253.3	16.9
0.3	95	300.8	15.8
0.4	110	348.3	15.1



Dysconcsa

Sample 2 (25 Blows; Surcharge: 10 lbs.)

Water Content

Wt. Wet Soil+Tare, gms. 258.47 Wt. Soil+Tare, gms. 218.4 Wt. Tare, gms. 47 **Moisture, % 23.4**

Unit Weight

Wt. Mold+Soil, gms. 11500 Wt. Mold, gms. 7480 Ht. Soil, in. 4.56 **Density, kg/m³ 1542**

Swell Data

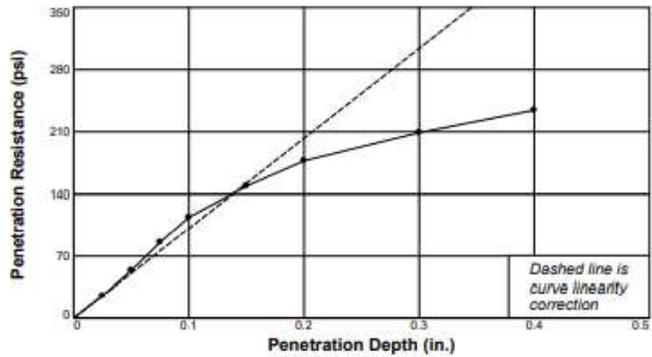
Elapsed Time, hrs.	Dial Reading in. x 1,000	Swell %
0	0	0.0
96	34	0.7

Final Water Content

	Wt. Wet Soil+Tare, gms.	Dry Soil+Tare	Tare	Moisture, %
Bottom	288.6	226	45	34.6

Penetration Test Data

Pen. in.	Dial Reading	Stress psi	CBR %
0.0	0	0.0	
0.025	8	25.3	
0.05	17	53.8	
0.075	27	85.5	
0.1	36	114.0	11.4
0.15	47	148.8	
0.2	56	177.3	11.8
0.3	66	209.0	11.0
0.4	74	234.3	10.2



Sample 3 (12 Blows; Surcharge: 10 lbs.)

Water Content

Wt. Wet Soil+Tare, gms. 265.6 Wt. Soil+Tare, gms. 226.4 Wt. Tare, gms. 59 **Moisture, % 23.4**

Unit Weight

Wt. Mold+Soil, gms. 11040 Wt. Mold, gms. 7220 Ht. Soil, in. 4.56 **Density, kg/m³ 1465**

Swell Data

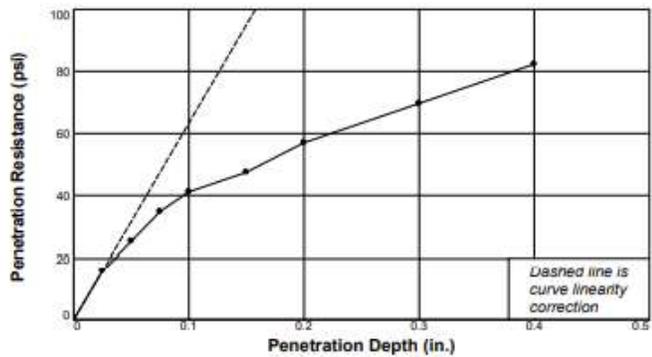
Elapsed Time, hrs.	Dial Reading in. x 1,000	Swell %
0	0	0.0
96	52	1.1

Final Water Content

	Wt. Wet Soil+Tare, gms.	Dry Soil+Tare	Tare	Moisture, %
Bottom	184.8	148.2	41.2	34.2

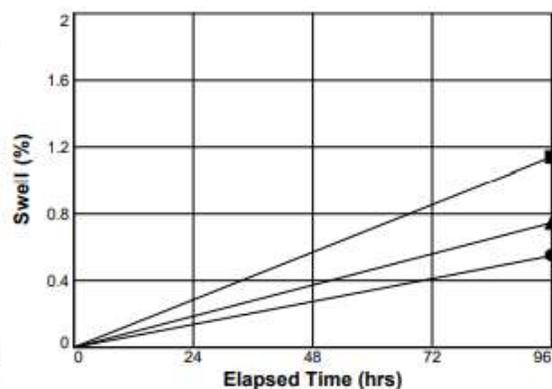
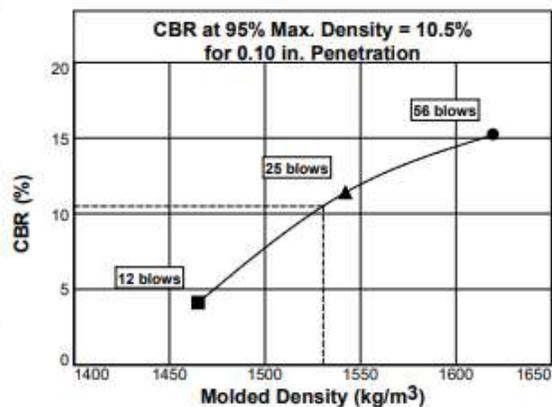
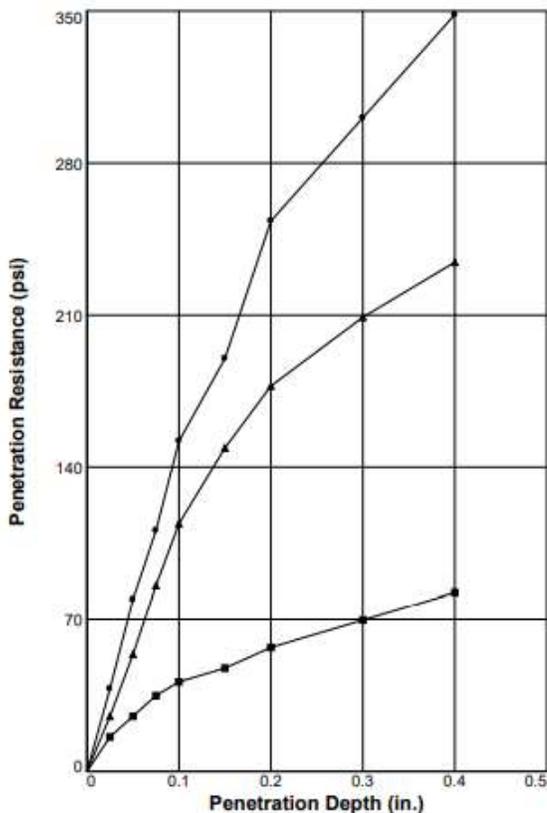
Penetration Test Data

Pen. in.	Dial Reading	Stress psi	CBR %
0.0	0	0.0	
0.025	5	15.8	
0.05	8	25.3	
0.075	11	34.8	
0.1	13	41.2	4.1
0.15	15	47.5	
0.2	18	57.0	3.8
0.3	22	69.7	3.7
0.4	26	82.3	3.6



Dysconcsa

BEARING RATIO TEST REPORT ASTM D1883-99



	Molded			Soaked			CBR (%)		Linearity Correction (in.)	Surcharge (lbs.)	Max. Swell (%)
	Density (kg/m ³)	Percent of Max. Dens.	Moisture (%)	Density (kg/m ³)	Percent of Max. Dens.	Moisture (%)	0.10 in.	0.20 in.			
1 ○	1620	100.6	23.0	1611	100	34.2	15.2	16.9	0.000	10	0.5
2 △	1542	95.7	23.4	1531	95	34.6	11.4	11.8	0.000	10	0.7
3 □	1465	90.9	23.4	1448	89.9	34.2	4.1	3.8	0.000	10	1.1
Material Description							USCS	Max. Dens. (kg/m ³)	Optimum Moisture (%)	LL	PI
Grava limosa con arena, color morado.							GM	1611	23.2	55	20

Project No:

Project: DISEÑO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON REVESTIMIENTO ASFALTICO EN EL MUNICIPIO DE YALI

Source of Sample: SM-7, EST: 3+000, B/D

Sample Number: 1 **Depth:** 0.15 - 1.30 m

Date:

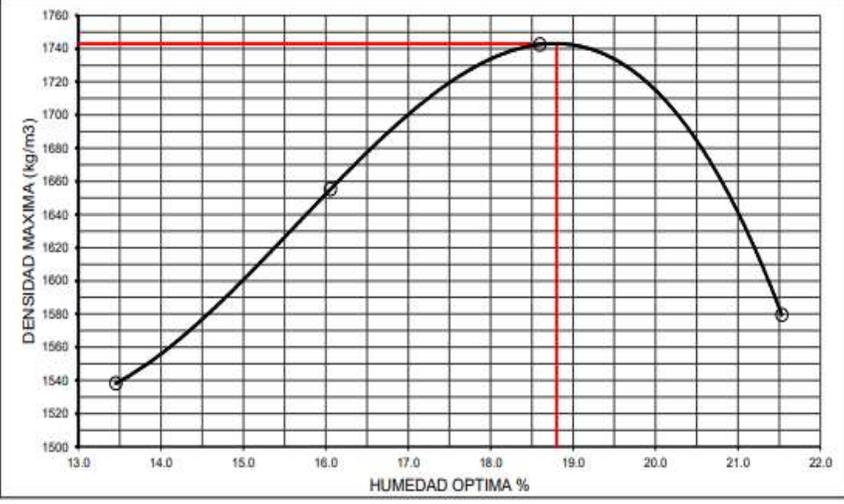
Test Description/Remarks:

BEARING RATIO TEST REPORT
DYSCONCSA

Figure _____

Fuente: Empresa DYSCONCSA.

Tabla 69: Resultado de Proctor y CBR de la estación 4+000.

 DISEÑO Y SUPERVISION, CONTROL DE CALIDAD, S.A. SEMÁFOROS DEL SEMINARIO 1 CUADRA AL LAGO, 1 CUADRA ABAJO. TELEFAX: (505) 2250-0010 dysconcsa@gmail.com www.dysconcsa.net						
RELACION DENSIDAD Vs HUMEDAD (PROCTOR) ASTM D 698 / 1557						
Proyecto	DISEÑO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON REVESTIMIENTO ASFALTICO EN EL MUNICIPIO DE YALI - EL COYOLAR					
Ciente						
Fecha de ensayo	29-sep-20	Sondeo Manual	SM-9, Est. 4+000, B/D			
Ubicación	Yali - Coyolar	Muestra	#3			
Operador	Saul Tellez	Profundidad (m)	0.30 - 1.20			
PROCTOR: ESTANDAR						
DETERMINACIÓN		1	2	3	4	5
Agua Agregada		13%	16%	18%	21%	
Peso Molde + material húmedo		13700.0	14083.0	14400.0	14080.0	
Peso del molde gr		9900.0	9900.0	9900.0	9900.0	
Peso de material húmedo gr		3800.0	4183.0	4500.0	4180.0	
Volumen del molde molde (cm ³)		2177.52	2177.52	2177.52	2177.52	
Densidad húmeda kg/m ³		1745	1921	2067	1920	
Tara N°		N-10	ST-10	L-2	T-10	
Tara + material húmedo gr.		323.0	268.1	289.0	208.7	
Tara + material seco gr.		289.8	241.8	255.6	182.0	
Peso del agua gr.		33.2	26.3	33.4	26.7	
Peso de la Tara gr.		43.0	78.0	76.0	58.0	
Peso de suelo seco gr.		246.8	163.8	179.6	124.0	
Contenido de agua %		13.5	16.1	18.6	21.5	
Densidad seca kg/m ³		1530	1655	1743	1580	
Tipo molde	4" ✓	6" diámetro	Volumen Molde		Peso del Martillo(lb)	Peso molde
Método	A	B	C ✓	2177.52 cm ³	5.5	9900 gr
Clasificación USCS:	Golpe por capa: 25		Número de capa: 3	ASTM	698 ✓	1557
T° Secado 60°C/110°C						
VALORES DE DENSIDAD SECA MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA						
DENSIDAD MÁXIMA (Kg/m ³)						
1,743						
HUMEDAD ÓPTIMA %						
18.8						
 <p>The graph plots Maximum Density (Kg/m³) on the y-axis (ranging from 1500 to 1760) against Optimum Moisture (%) on the x-axis (ranging from 13.0 to 22.0). A parabolic curve is shown with data points at approximately (13.5, 1530), (16.1, 1655), (18.6, 1743), and (21.5, 1580). A vertical red line marks the optimum moisture at 18.8%, and a horizontal red line marks the maximum dry density at 1743 Kg/m³.</p>						
OBSERVACIONES:						
REPRESENTANTE DYSCONCSA						
Ing. Juan Carlos Vargas R.						
NOMBRE Y FIRMA						
FECHA:						

**BEARING RATIO TESTING RESULTS
(ASTM D1883-99)**

Date:
Project No.:
Project: DISEÑO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON REVESTIMIENTO ASFALTICO E
Location: SM-9, EST: 4+000, B/D
Depth: 0.30 - 1.20 m **Sample Number:** 3
Material Description: Grava limosa con arena, color marron.
USCS Classification: GM
Liquid Limit: 51 **Plasticity Index:** 18

Test Description:
Maximum Dry Density, kg/m³: 1743 **Optimum Moisture Content, %:** 18.8
Testing Remarks:

Sample 1 (56 Blows; Surcharge: 10 lbs.)

Water Content
 Wt. Wet Soil+Tare, gms. 250 Wt. Soil+Tare, gms. 218 Wt. Tare, gms. 45 **Moisture, % 18.5**

Unit Weight
 Wt. Mold+Soil, gms. 11860 Wt. Mold, gms. 7500 Ht. Soil, in. 4.56 **Density, kg/m³ 1741**

Swell Data

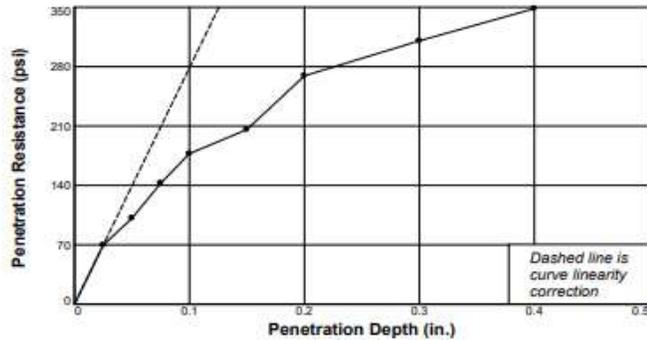
Elapsed Time, hrs.	Dial Reading in. x 1,000	Swell %
0	0	0.0
96	20	0.4

Final Water Content

	Wt. Wet Soil+Tare, gms.	Dry Soil+Tare	Tare	Moisture, %
Bottom	250.2	209	45.5	25.2

Penetration Test Data

Pen. in.	Dial Reading	Stress psi	CBR %
0.0	0	0.0	
0.025	22	69.7	
0.05	32	101.3	
0.075	45	142.5	
0.1	56	177.3	17.7
0.15	65	205.8	
0.2	85	269.2	17.9
0.3	98	310.3	16.3
0.4	110	348.3	15.1



Sample 2 (25 Blows; Surcharge: 10 lbs.)

Water Content

Wt. Wet Soil+Tare, gms. 261.7 Wt. Soil+Tare, gms. 228.6 Wt. Tare, gms. 48.2 **Moisture, % 18.3**

Unit Weight

Wt. Mold+Soil, gms. 11880 Wt. Mold, gms. 7700 Ht. Soil, in. 4.56 **Density, kg/m³ 1672**

Swell Data

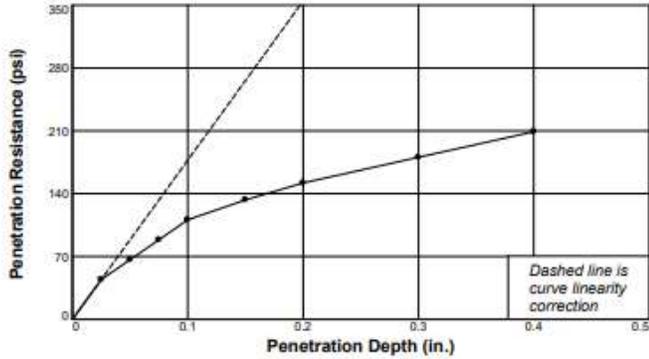
Elapsed Time, hrs.	Dial Reading in. x 1,000	Swell %
0	0	0.0
96	39	0.9

Final Water Content

	Wt. Wet Soil+Tare, gms.	Dry Soil+Tare	Tare	Moisture, %
Bottom	252.2	211.3	49.0	25.2

Penetration Test Data

Pen. in.	Dial Reading	Stress psi	CBR %
0.0	0	0.0	
0.025	14	44.3	
0.05	21	66.5	
0.075	28	88.7	
0.1	35	110.8	11.1
0.15	42	133.0	
0.2	48	152.0	10.1
0.3	57	180.5	9.5
0.4	66	209.0	9.1



Sample 3 (12 Blows; Surcharge: 10 lbs.)

Water Content

Wt. Wet Soil+Tare, gms. 264 Wt. Soil+Tare, gms. 230.4 Wt. Tare, gms. 49.1 **Moisture, % 18.5**

Unit Weight

Wt. Mold+Soil, gms. 11060 Wt. Mold, gms. 7100 Ht. Soil, in. 4.56 **Density, kg/m³ 1581**

Swell Data

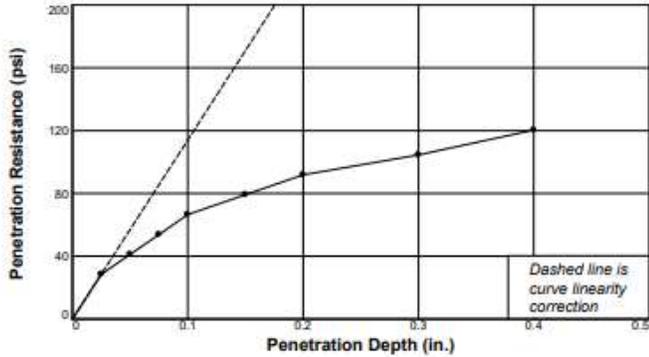
Elapsed Time, hrs.	Dial Reading in. x 1,000	Swell %
0	0	0.0
96	31	0.7

Final Water Content

	Wt. Wet Soil+Tare, gms.	Dry Soil+Tare	Tare	Moisture, %
Bottom	250.7	210	48.2	25.2

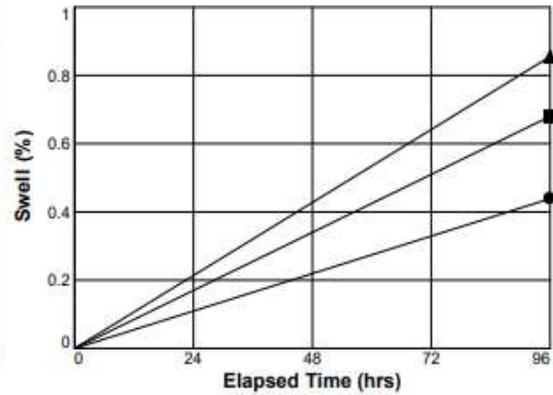
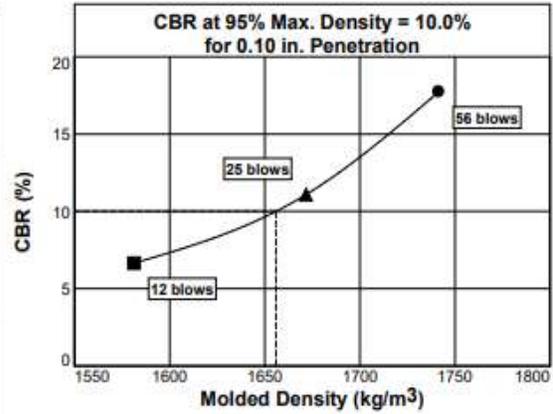
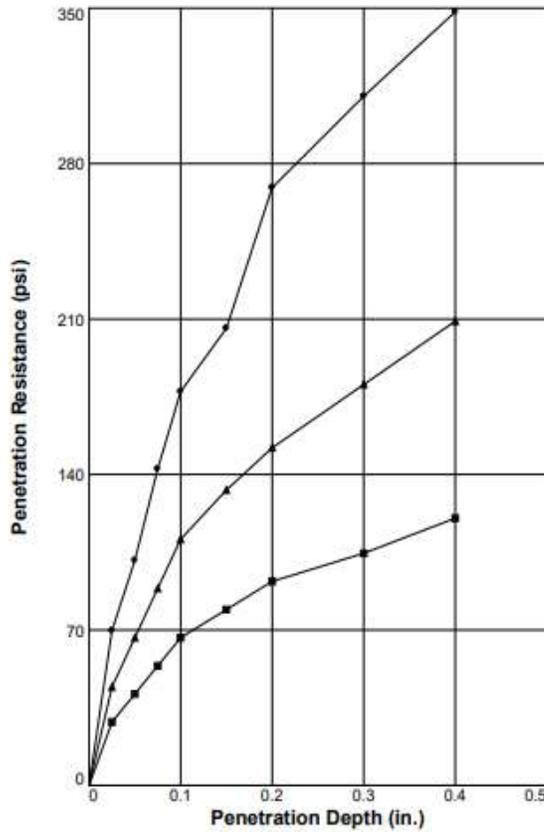
Penetration Test Data

Pen. in.	Dial Reading	Stress psi	CBR %
0.0	0	0.0	
0.025	9	28.5	
0.05	13	41.2	
0.075	17	53.8	
0.1	21	66.5	6.7
0.15	25	79.2	
0.2	29	91.8	6.1
0.3	33	104.5	5.5
0.4	38	120.3	5.2



Dysconcsa

BEARING RATIO TEST REPORT ASTM D1883-99



	Molded			Soaked			CBR (%)		Linearity Correction (in.)	Surcharge (lbs.)	Max. Swell (%)
	Density (kg/m³)	Percent of Max. Dens.	Moisture (%)	Density (kg/m³)	Percent of Max. Dens.	Moisture (%)	0.10 in.	0.20 in.			
1 ○	1741	99.9	18.5	1734	99.5	25.2	17.7	17.9	0.000	10	0.4
2 △	1672	95.9	18.3	1658	95.1	25.2	11.1	10.1	0.000	10	0.9
3 □	1581	90.7	18.5	1571	90.1	25.2	6.7	6.1	0.000	10	0.7

Material Description					
	USCS	Max. Dens. (kg/m³)	Optimum Moisture (%)	LL	PI
Grava limosa con arena, color marron.	GM	1743	18.8	51	18

Project No:
Project: DISEÑO Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON REVESTIMIENTO ASFALTICO EN EL MUNICIPIO DE YALI
Source of Sample: SM-9, EST: 4+000, B/D
Sample Number: 3 **Depth:** 0.30 - 1.20 m
Date:

Test Description/Remarks:

BEARING RATIO TEST REPORT
DYSCONCSA

Figure _____

Fuente: Empresa DYSCONCSA.

Fotografía 9: Estacionamiento del equipo en el primer punto.



Fuente: Propia.

Fotografía 10: Ubicación de puntos.



Fuente: Propia.

Fotografía 11: Ubicación del BM-5



Fuente: Propia.

Fotografía 12: Lectura central.



Fuente: Propia

Tabla 70: Levantamiento topográfico.

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1	588564	1471796	910	BM1
2	588575.3846	1471818.758	908.6531	BM2
4	588564.6288	1471795.264	910.0078	LP
5	588562.4291	1471796.704	910.0259	TN
6	588560.1952	1471798.269	909.9324	LC
7	588557.4962	1471800.221	909.6104	TN
8	588554.8799	1471802.27	910.3301	LP
9	588546.7843	1471792.344	910.7031	LP
10	588549.0764	1471790.658	909.9553	B
11	588552.5573	1471787.892	910.1225	LC
12	588556.1636	1471785.034	910.0969	B
13	588557.27	1471784.41	909.9773	LP
14	588584.3202	1471891.829	900.5682	PI
15	588572.9017	1471810.793	909.3339	LP
16	588570.4203	1471811.79	909.1591	B
17	588567.2966	1471812.854	909.0452	LC
18	588564.3505	1471813.899	908.816	B
19	588577.6163	1471825.317	907.5373	LP
20	588574.9852	1471825.498	908.1067	B
21	588572.0236	1471825.936	907.9408	LC
22	588568.2497	1471826.649	907.7088	B
23	588561.0504	1471815.512	909.7445	LP
24	588565.4942	1471827.608	908.8661	LP
25	588575.5914	1471818.808	908.6253	PTE
26	588580.6911	1471843.567	905.2772	LP
27	588577.5067	1471843.584	906.009	B
28	588574.5268	1471843.711	905.9414	LC
29	588571.463	1471844.009	905.8255	B
30	588565.4614	1471847.823	909.3705	LP
31	588583.5163	1471859.703	902.2693	LP
32	588578.9267	1471860.384	903.7322	B
33	588575.5598	1471860.198	903.8395	LC
34	588572.1507	1471860.15	903.9628	B
35	588568.9032	1471860.354	904.6335	TN
36	588586.9509	1471874.093	900.4831	LP
37	588584.1482	1471874.576	901.6948	TN

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
38	588581.2959	1471875.03	901.8514	B
39	588578.3859	1471875.821	902.0749	LC
40	588575.4032	1471876.74	902.3468	B
41	588566.4449	1471860.045	905.9006	LP
42	588571.7569	1471879.125	902.6924	LP
43	588590.4187	1471884.315	899.2073	LP
44	588588.0922	1471886.118	899.9279	B
45	588585.5488	1471888.314	900.5418	LC
46	588579.8782	1471892.467	901.124	LP
47	588602.9492	1471895.95	898.6845	LP
48	588601.8263	1471896.857	898.6422	B
49	588598.5341	1471899.688	898.8948	LC
50	588595.6999	1471902.37	898.851	B
51	588592.9362	1471905.326	899.4875	LP
52	588596.8172	1471895.831	899.1601	LC
53	588590.8162	1471889.916	899.7506	B
54	588621.6056	1471923.617	896.1089	PI
55	588603.3155	1471884.681	897.6301	B
56	588601.7424	1471874.724	897.6344	LP
57	588595.8931	1471875.528	897.8759	LC
58	588592.7625	1471875.74	897.957	B
59	588598.6144	1471875.291	897.8163	B
60	588589.3011	1471880.49	899.7581	LP
61	588615.1183	1471906.33	897.48	LP
62	588613.25	1471908.414	897.2973	B
63	588611.0245	1471910.973	897.4562	LC
64	588608.7085	1471913.747	897.1761	B
65	588607.1061	1471915.636	897.979	LP
66	588629.7657	1471916.81	895.6383	LP
67	588626.9503	1471919.644	896.0432	B
68	588624.6928	1471922.235	896.2511	LC
69	588622.6027	1471924.512	896.0024	B
70	588584.2654	1471895.075	900.6216	PTE
71	588621.5742	1471930.085	898.5132	LP
72	588646.5704	1471928.936	894.2173	LP
73	588642.9006	1471932.796	895.0041	B
74	588640.3401	1471935.4	895.3595	LC

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
75	588637.8704	1471937.632	895.2353	B
76	588635.4673	1471942.446	899.2505	LP
77	588671.4746	1471958.085	893.9842	PI
78	588662.9391	1471940.725	893.3073	LP
79	588657.4375	1471945.473	894.4246	B
80	588654.4905	1471947.811	894.6893	LC
81	588652.2725	1471949.898	894.6502	B
82	588649.4435	1471953.623	896.3293	LP
83	588650.3821	1471952.216	895.1837	PTE
84	588661.0274	1471964.177	895.1005	LP
85	588664.517	1471960.372	894.2034	B
86	588666.3578	1471958.169	894.318	LC
87	588668.8088	1471955.206	893.9049	B
88	588674.8257	1471949.305	892.7873	LP
89	588689.1186	1471960.927	893.6631	LP
90	588687.5535	1471963.683	893.4941	TN
91	588681.8968	1471967.676	893.9443	B
92	588680.1065	1471969.362	894.1729	LC
93	588677.3744	1471971.893	893.8881	ALC
94	588682.5053	1471976.219	894.152	ALC
95	588683.3964	1471968.908	894.0381	ALC
96	588678.3456	1471964.485	893.9038	ALC
97	588735.5839	1472019.418	899.2888	PI
98	588671.2035	1471973.087	894.7248	LP
99	588696.3226	1471971.694	894.823	LP
100	588694.4891	1471975.122	894.1159	TN
101	588692.8206	1471977.127	894.383	B
102	588690.3786	1471979.306	894.5529	LC
103	588687.9238	1471981.94	894.2745	B
104	588692.5878	1471992.972	894.0344	LP
105	588711.1641	1471985.472	897.7436	LP
106	588708.361	1471987.571	895.8517	TN
107	588706.4833	1471989.541	895.5699	B
108	588704.7666	1471991.598	895.6673	LC
109	588702.7597	1471994.185	895.4935	B
110	588699.7536	1471998.4	894.5229	LP
111	588726.3904	1472001.442	899.7514	LP

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
112	588724.7964	1472002.646	897.6389	TN
113	588723.4945	1472004.192	897.6406	B
114	588721.4139	1472006.844	897.7305	LC
115	588719.8411	1472008.822	897.7366	B
116	588717.7883	1472011.638	897.7038	LP
117	588726.1508	1472016.62	898.9049	PTE
118	588739.923	1472010.228	900.2768	LP
119	588738.3688	1472013.339	898.8548	B
120	588737.0393	1472016.295	899.2219	LC
121	588733.239	1472021.395	898.127	LP
122	588756.4465	1472017.305	901.1543	LP
123	588755.8102	1472020.053	900.2946	B
124	588754.7029	1472023.14	900.4091	LC
125	588754.0491	1472025.789	900.4485	B
126	588752.1899	1472029.258	900.161	LP
127	588774.9277	1472020.935	902.0561	LP
128	588774.6024	1472022.424	901.6014	TN
129	588774.1178	1472023.934	901.1157	B
130	588773.5744	1472027.025	901.3438	LC
131	588772.9657	1472029.892	901.1992	B
132	588772.7361	1472031.406	900.657	TN
133	588772.0972	1472034.037	901.6996	LP
134	588825.1693	1472032.891	904.0719	PI
135	588795.6811	1472023.192	903.6599	LP
136	588795.3895	1472024.311	903.025	TN
137	588794.7863	1472027.514	902.0464	B
138	588794.0045	1472030.914	902.2964	LC
139	588793.2518	1472033.627	902.1675	B
140	588792.9844	1472035.774	901.691	TN
141	588789.7961	1472038.212	902.6843	LP
142	588813.3959	1472025.569	904.3675	LP
143	588813.2329	1472027.837	903.3946	TN
144	588812.5779	1472030.151	902.9299	B
145	588811.9173	1472033.477	903.2281	LC
146	588811.2371	1472036.54	903.1289	B
147	588810.5799	1472039.091	902.6328	TN
148	588809.3492	1472042.036	904.0217	LP

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
149	588832.0584	1472028.437	905.9116	LP
150	588831.4186	1472030.861	904.9718	TN
151	588830.4758	1472034.081	904.5667	B
152	588829.6332	1472036.89	904.5293	LC
153	588828.6845	1472040.024	904.3059	B
154	588828.3776	1472041.311	903.7519	TN
155	588829.9809	1472045.839	905.5154	LP
156	588898.5751	1472078.385	916.0006	PI
157	588849.1475	1472039.955	906.9953	LP
158	588848.371	1472041.447	906.7118	B
159	588847.0702	1472044.066	906.6061	LC
160	588845.6942	1472046.81	906.4923	B
161	588844.7561	1472049.25	907.4425	TN
162	588844.3832	1472051.208	908.545	LP
163	588864.615	1472048.602	908.6747	LP
164	588863.4359	1472049.912	908.8728	B
165	588861.5997	1472052.712	908.7528	LC
166	588859.6032	1472055.139	908.5513	B
167	588857.8768	1472056.437	909.317	TN
168	588855.5879	1472058.575	911.2087	LP
169	588878.2117	1472058.449	911.3467	LP
170	588877.1796	1472059.855	911.5212	B
171	588875.3714	1472062.138	911.4036	LC
172	588873.6769	1472064.615	911.2379	B
173	588871.9209	1472068.706	913.5337	LP
174	588865.1295	1472062.917	911.3425	PTE
175	588825.266	1472030.845	904.2136	PTE
176	588894.6841	1472070.515	914.7604	LP
177	588892.9013	1472072.115	914.7009	B
178	588890.5139	1472074.515	914.5858	LC
179	588888.2635	1472076.897	914.3074	B
180	588885.3108	1472079.975	915.4502	LP
181	588905.7571	1472086.662	917.0958	LP
182	588904.1278	1472087.543	916.8429	B
183	588901.6836	1472089.06	916.7979	LC
184	588899.1757	1472090.522	916.4326	B
185	588895.9377	1472092.962	917.062	LP

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
186	588910.8222	1472136.832	921.3333	PI
187	588915.3365	1472104.663	918.4595	LP
188	588911.9999	1472105.67	918.2712	B
189	588908.3963	1472106.789	918.3853	LC
190	588905.621	1472107.357	918.0345	B
191	588902.8759	1472108.198	918.0758	LP
192	588905.6442	1472107.747	918.0279	S
193	588917.5402	1472123.102	920.0909	LP
194	588914.2759	1472123.104	919.8181	B
195	588910.8227	1472122.653	919.7562	LC
196	588907.4695	1472122.298	919.3162	B
197	588904.3428	1472121.57	919.2913	LP
198	588913.2081	1472142.693	922.1335	LP
199	588909.7227	1472140.867	921.6028	B
200	588906.8594	1472139.594	921.6955	LC
201	588903.6452	1472138.275	921.4735	B
202	588899.2075	1472136.986	920.635	LP
203	588903.0236	1472157.383	924.7945	LP
204	588900.0499	1472155.261	924.2212	B
205	588897.7582	1472153.692	924.2671	LC
206	588895.4858	1472151.815	924.2149	B
207	588891.6897	1472150.048	922.953	LP
208	588880.8044	1472193.613	932.6402	PI
209	588893.6521	1472171.98	928.4016	LP
210	588889.6639	1472170.005	927.6925	B
211	588886.9097	1472167.998	927.7125	LC
212	588884.8097	1472166.495	927.6946	B
213	588881.1828	1472164.632	927.5735	LP
214	588875.2015	1472180.162	930.7253	LP
215	588879.4402	1472180.402	930.4301	B
216	588882.3082	1472182	930.5076	LC
217	588886.1757	1472185.183	930.8411	B
218	588888.5633	1472185.486	930.9587	LP
219	588898.4272	1472199.471	936.9547	LP
220	588896.2849	1472201.612	934.5094	TN
221	588894.8416	1472202.877	935.1452	B
222	588892.7114	1472205.231	935.4179	LC

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
223	588890.1055	1472207.748	935.4913	B
224	588888.6122	1472208.957	935.9915	TN
225	588919.6099	1472213.719	940.1856	PI
226	588886.2316	1472212.246	939.1798	LP
227	588914.883	1472206.91	941.4706	LP
228	588913.8316	1472208.666	940.3846	TN
229	588913.8861	1472210.152	938.5383	TN
230	588913.3872	1472211.552	939.0737	B
231	588912.5717	1472214.582	939.1694	LC
232	588911.9945	1472217.57	939.2297	B
233	588912.9478	1472221.509	941.3582	TN
234	588915.6806	1472228.251	945.3393	LP
235	588982.5414	1472233.132	948.3069	PI
236	588934.7121	1472231.588	949.2074	LP
237	588935.1989	1472227.841	946.2745	TN
238	588935.4292	1472222.101	942.782	B
239	588935.7988	1472219.166	942.7187	LC
240	588936.2627	1472216.586	942.6716	B
241	588936.8528	1472213.648	943.2089	LP
242	588956.4283	1472218.227	945.0707	LP
243	588955.5085	1472220.571	944.9129	B
244	588954.5226	1472223.29	945.0121	LC
245	588953.437	1472226.311	944.8722	B
246	588951.6884	1472229.864	946.5702	TN
247	588948.543	1472233.984	948.1739	LP
248	588979.4954	1472224.49	947.299	LP
249	588976.3919	1472229.363	947.3772	B
250	588975.0529	1472231.972	947.4471	LC
251	588973.9641	1472234.37	947.3664	B
252	588970.2529	1472241.93	948.2624	LP
253	588971.6852	1472239.41	948.0553	TN
254	588997.8882	1472239.746	951.8155	LP
255	588997.397	1472240.506	951.2999	TN
256	588996.3994	1472242.089	950.8993	B
257	588995.3949	1472244.321	950.9243	LC
258	588993.7741	1472246.664	950.8348	B
259	588992.3507	1472249.801	951.4852	LP

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
260	589042.0162	1472271.944	959.3899	PI
261	589012.7307	1472261.737	955.8077	LP
262	589014.2064	1472259.756	955.2584	B
263	589015.7091	1472257.514	955.2875	LC
264	589017.1789	1472255.275	955.1983	B
265	589019.341	1472252.556	956.2906	LP
266	589032.1788	1472273.557	959.1515	LP
267	589033.5546	1472271.557	958.2935	B
268	589034.9094	1472269.648	958.3966	LC
269	589036.1697	1472267.765	958.4609	B
270	589038.251	1472264.684	959.2891	LP
271	589055.6806	1472279.503	962.0529	LP
272	589054.2524	1472279.808	961.491	TN
273	589053.105	1472282.014	961.2126	B
274	589051.0268	1472283.825	961.2016	LC
275	589048.7906	1472285.84	961.0256	B
276	589046.5172	1472288.474	961.9506	LP
277	589072.1564	1472300.529	965.2339	LP
278	589069.369	1472302.257	964.5718	B
279	589067.0705	1472304.079	964.5852	LC
280	589064.9474	1472305.736	964.5757	B
281	589096.4802	1472339.921	970.7718	PI
282	589063.0099	1472308.152	966.6076	LP
283	589085.9348	1472319.174	967.9595	LP
284	589083.1115	1472320.895	967.7712	B
285	589080.6064	1472322.505	967.7723	LC
286	589078.293	1472324.006	967.6223	B
287	589099.9857	1472339.408	971.0916	LP
288	589098.1699	1472341.379	971.0202	B
289	589095.8488	1472343.004	971.0435	LC
290	589093.7256	1472344.419	971.0347	B
291	589091.5387	1472348.084	972.8085	LP
292	589093.9989	1472348.192	971.1686	TN
293	589076.0773	1472325.664	969.6051	LP
294	589116.1068	1472360.005	975.0397	LP
295	589113.1762	1472362.242	974.9555	B
296	589111.1009	1472363.677	974.954	LC

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
297	589108.863	1472365.062	974.9257	B
298	589107.5706	1472370.059	977.1482	LP
299	589124.5941	1472375.125	978.2225	PTE
300	589154.2087	1472422.354	988.2586	PI
301	589127.8735	1472378.363	979.4491	LP
302	589126.1111	1472380.22	979.0257	B
303	589123.94	1472381.843	979.0701	LC
304	589121.5636	1472383.42	979.0347	B
305	589121.0436	1472384.333	978.8166	TN
306	589119.4153	1472387.264	981.5582	LP
307	589141.4916	1472398.59	983.5864	LP
308	589139.8832	1472400.502	983.3906	B
309	589137.4747	1472401.891	983.4789	LC
310	589135.3628	1472403.568	983.4853	B
311	589129.5489	1472403.14	985.8703	TN
312	589126.5491	1472402.922	987.8016	LP
313	589191.4406	1472481.206	1000.4727	PI
314	589160.2492	1472423.864	989.4843	LP
315	589156.3145	1472425.281	988.918	B
316	589154.3454	1472426.854	989.0333	LC
317	589152.2339	1472428.312	989.0421	B
318	589149.0155	1472429.113	989.9027	TN
319	589149.7293	1472439.151	995.5336	LP
320	589171.8322	1472440.768	993.2632	LP
321	589168.3606	1472442.657	992.8781	B
322	589166.1256	1472444.224	992.9195	LC
323	589163.711	1472445.807	992.846	B
324	589162.7456	1472448.82	993.9367	TN
325	589164.9089	1472456.256	997.4423	LP
326	589186.3845	1472460.177	997.5649	LP
327	589182.5035	1472463.666	997.2715	B
328	589180.3841	1472465.261	997.2896	LC
329	589178.3396	1472466.668	997.2698	B
330	589175.0296	1472469.637	998.5259	TN
331	589186.0224	1472483.459	1004.7416	LP
332	589173.3427	1472450.912	994.5153	S
333	589204.0725	1472478.916	1002.1022	LP

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
334	589202.1004	1472479.927	1001.8858	TN
335	589200.5287	1472482.01	1001.5217	B
336	589199.0316	1472484.124	1001.573	LC
337	589197.2937	1472486.326	1001.6099	B
338	589196.608	1472487.125	1001.1895	TN
339	589194.3893	1472488.996	1004.5102	LP
340	589196.5065	1472474.395	1000.8409	PTE
341	589220.5969	1472494.605	1005.8849	LP
342	589219.2495	1472495.779	1005.107	TN
343	589217.355	1472497.45	1004.5358	B
344	589215.9016	1472499.232	1004.5127	LC
345	589214.1951	1472501.344	1004.5003	B
346	589240.8459	1472521.69	1007.9466	PI
347	589238.2585	1472511.319	1008.5699	LP
348	589236.8294	1472512.457	1007.6265	TN
349	589235.1694	1472514.242	1006.9935	B
350	589233.1142	1472515.864	1006.9446	LC
351	589231.0583	1472517.943	1006.8911	B
352	589230.6224	1472519.431	1006.4588	TN
353	589230.7809	1472520.629	1007.1841	LP
354	589240.534	1472533.719	1008.6202	LP
355	589241.6991	1472533.514	1008.254	TN
356	589242.6391	1472532.773	1008.6482	B
357	589245.124	1472531.708	1008.8447	LC
358	589247.4162	1472530.301	1008.9662	B
359	589248.3527	1472529.567	1008.484	TN
360	589250.4987	1472526.933	1011.1032	LP
361	589260.1677	1472551.396	1010.9316	TN
362	589259.0769	1472551.823	1011.3783	B
363	589256.7693	1472553.138	1011.3309	LC
364	589254.4867	1472554.32	1011.2965	B
365	589252.1489	1472554.993	1011.5919	LP
366	589252.6291	1472553.611	1011.2948	PTE
367	589264.1337	1472549.285	1014.2819	LP
368	589280.889	1472577.635	1020.2711	LP
369	589275.0848	1472579.199	1015.167	TN
370	589273.7603	1472579.777	1015.5558	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
371	589271.0958	1472581.166	1015.5034	LC
372	589268.6579	1472582.852	1015.5966	B
373	589266.5111	1472584.94	1015.6538	LP
374	589290.7078	1472608.82	1020.1179	PI
375	589292.8429	1472594.994	1023.2538	LP
376	589288.5858	1472600.332	1019.0504	B
377	589287.3571	1472603.517	1019.3623	LC
378	589286.0177	1472605.527	1019.5358	B
379	589285.3938	1472606.866	1019.4177	TN
380	589285.0893	1472609.672	1020.3674	LP
381	589310.7923	1472608.144	1023.0195	LP
382	589311.1888	1472612.1	1020.8036	TN
383	589310.7037	1472613.091	1021.1284	B
384	589309.4692	1472615.606	1021.2138	LC
385	589308.3669	1472617.871	1021.2172	B
386	589308.7734	1472620.078	1021.4706	LP
387	589309.9481	1472620.067	1021.5693	PTE
388	589333.0872	1472616.927	1023.9467	LP
389	589332.5772	1472620.113	1022.9014	TN
390	589331.7834	1472622.506	1022.2409	B
391	589330.7683	1472624.975	1022.3422	LC
392	589329.7462	1472627.327	1022.3405	B
393	589328.9203	1472629.056	1022.3401	LP
394	589389.8849	1472645.823	1025.2416	PI
395	589356.7601	1472628.707	1024.6569	LP
396	589355.8428	1472630.209	1023.8234	TN
397	589355.2556	1472631.817	1023.5279	B
398	589354.2568	1472634.317	1023.5739	LC
399	589353.287	1472636.807	1023.654	B
400	589373.6305	1472646.78	1024.0415	LP
401	589374.6705	1472642.881	1024.5691	B
402	589375.3558	1472640.258	1024.6273	LC
403	589376.0696	1472637.328	1024.5973	B
404	589347.7043	1472637.121	1023.2364	LP
405	589362.1142	1472632.347	1024.0307	PTE
406	589376.2757	1472633.429	1025.4015	LP
407	589374.2481	1472635.459	1024.3038	TN

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
408	589418.5962	1472657.745	1027.5998	LP
409	589418.9011	1472655.941	1026.946	TN
410	589419.864	1472653.574	1027.0701	B
411	589420.9737	1472650.778	1027.1854	LC
412	589422.276	1472648.029	1027.2048	B
413	589402.2414	1472638.433	1026.329	LP
414	589401.9248	1472640.558	1025.5671	TN
415	589401.5921	1472643.021	1025.8913	B
416	589401.1515	1472645.477	1025.8589	LC
417	589400.7297	1472648.617	1025.7594	B
418	589397.7306	1472653.098	1025.5774	LP
419	589463.7237	1472666.179	1031.4917	PI
420	589423.161	1472644.153	1027.4885	LP
421	589432.042	1472648.561	1028.2063	PTE
422	589448.7439	1472650.108	1031.162	LP
423	589465.3227	1472662.003	1032.6615	LP
424	589447.5214	1472653.02	1030.0192	TN
425	589464.1816	1472663.642	1031.7837	TN
426	589446.0624	1472656.381	1029.3795	B
427	589463.091	1472665.849	1031.4073	B
428	589445.0516	1472658.633	1029.3436	LC
429	589461.3217	1472668.226	1031.3225	LC
430	589444.0029	1472661.672	1029.0925	B
431	589443.3103	1472664.275	1029.7288	LP
432	589443.8112	1472663.407	1029.3937	TN
433	589459.9257	1472671.389	1031.1221	B
434	589458.2788	1472673.727	1031.9833	LP
435	589478.4184	1472689.508	1035.4709	LP
436	589479.3068	1472688.12	1034.8354	TN
437	589480.5355	1472686.765	1034.5631	B
438	589482.1234	1472684.514	1034.642	LC
439	589484.1344	1472682.31	1034.5884	B
440	589486.0256	1472680.153	1034.7204	TN
441	589486.7297	1472675.968	1035.3203	LP
442	589495.2041	1472704.838	1038.0541	LP
443	589495.8674	1472703.838	1037.0373	TN
444	589496.9349	1472703.107	1037.2695	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
445	589499.2276	1472701.232	1037.3531	LC
446	589501.4263	1472699.34	1037.3089	B
447	589503.5588	1472697.89	1037.8691	TN
448	589506.3606	1472694.865	1039.5262	LP
449	589513.8474	1472723.203	1039.8261	LP
450	589515.8116	1472720.76	1039.4692	B
451	589517.4078	1472718.225	1039.3392	LC
452	589519.1994	1472715.715	1038.988	B
453	589521.018	1472713.546	1040.1327	TN
454	589520.6126	1472710.341	1042.6327	LP
455	589533.1107	1472727.922	1040.4308	PI
456	589543.9259	1472719.708	1041.3884	LP
457	589544.3147	1472722.624	1040.0996	TN
458	589544.3155	1472723.766	1040.165	B
459	589544.5529	1472726.426	1040.4727	LC
460	589544.4468	1472729.353	1040.5281	B
461	589544.5263	1472730.843	1040.7403	LP
462	589563.848	1472731.972	1041.0236	LP
463	589563.9336	1472730.747	1040.5475	B
464	589564.2274	1472727.319	1040.7576	LC
465	589564.4145	1472724.212	1040.5294	B
466	589564.4577	1472721.798	1040.747	LP
467	589587.7264	1472733.304	1041.2943	LP
468	589587.9456	1472731.636	1040.9199	B
469	589588.2236	1472727.761	1041.0563	LC
470	589588.3029	1472725.052	1040.9089	B
471	589579.2954	1472730.853	1040.7119	S
472	589611.4905	1472734.31	1041.3835	LP
473	589611.7263	1472731.599	1041.4025	B
474	589611.6776	1472727.8	1041.4792	LC
475	589611.6413	1472724.786	1041.3323	B
476	589653.715	1472724.034	1044.5577	PI
477	589639.885	1472734.131	1043.3441	LP
478	589639.7239	1472732.704	1042.8621	LP
479	589640.0635	1472730.14	1043.0517	B
480	589639.9976	1472727.318	1043.0607	LC
481	589640.0862	1472724.153	1042.9751	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
482	589638.9771	1472720.101	1041.9822	LP
483	589661.914	1472717.744	1044.6364	LP
484	589661.4673	1472722.753	1045.578	B
485	589661.3192	1472726.51	1045.6213	LC
486	589660.8999	1472730.141	1045.3198	B
487	589660.7952	1472734.033	1046.6737	LP
488	589591.6348	1472724.263	1040.9005	TN
489	589712.623	1472740.592	1055.267	LP
490	589712.3661	1472737.62	1054.4816	TN
491	589712.5856	1472734.474	1053.4741	TN
492	589712.5703	1472733.106	1053.8924	B
493	589713.0538	1472729.75	1053.9692	LC
494	589713.3585	1472726.552	1053.8742	B
495	589714.1037	1472723.186	1054.2406	LP
496	589755.1657	1472730.53	1060.0913	PI
497	589735.6287	1472737.162	1058.4218	LP
498	589735.8092	1472735.596	1057.8312	TN
499	589735.8602	1472733.644	1057.2469	B
500	589735.9724	1472730.564	1057.346	LC
501	589736.0759	1472727.903	1057.3448	B
502	589736.3664	1472725.001	1057.8758	TN
503	589737.686	1472721.886	1056.9723	LP
504	589736.0962	1472725.505	1057.7694	TN
505	589759.7518	1472726.328	1060.4315	LP
506	589758.2342	1472729.265	1060.1137	TN
507	589757.7435	1472730.989	1060.396	B
508	589756.9309	1472733.396	1060.2227	LC
509	589756.3747	1472736.363	1060.0812	B
510	589782.9785	1472734.429	1060.8402	LP
511	589782.8878	1472736.914	1062.5286	TN
512	589781.1304	1472739.586	1063.4645	B
513	589779.7601	1472742.017	1063.4599	LC
514	589778.7211	1472744.653	1063.4266	B
515	589772.394	1472745.298	1061.9835	TN
516	589773.6123	1472749.593	1063.6616	LP
517	589802.1748	1472743.147	1065.3487	LP
518	589801.4391	1472747.085	1066.0602	TN

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
519	589800.7641	1472748.729	1066.234	B
520	589799.7038	1472751.219	1066.2084	LC
521	589798.3734	1472753.892	1066.1494	B
522	589798.2092	1472755.009	1065.9312	TN
523	589754.7063	1472748.936	1063.1831	LP
524	589755.6963	1472739.578	1061.8567	TN
525	589842.3474	1472775.237	1070.8218	PI
526	589796.4027	1472757.682	1068.8493	LP
527	589842.5322	1472767.838	1070.1538	LP
528	589842.6287	1472769.889	1070.3507	B
529	589842.0595	1472772.664	1070.59	LC
530	589842.2723	1472778.532	1070.4786	TN
531	589842.3354	1472783.061	1071.159	LP
532	589825.8237	1472758.993	1067.8129	LP
533	589824.2483	1472761.287	1068.1762	TN
534	589822.9925	1472763.11	1068.5522	B
535	589821.9588	1472765.24	1068.6675	LC
536	589820.8506	1472767.463	1068.8047	B
537	589822.1405	1472772.591	1069.095	TN
538	589823.1618	1472775.355	1071.4891	LP
539	589864.7341	1472767.34	1073.1779	LP
540	589864.7405	1472769.11	1072.9401	B
541	589864.9193	1472771.643	1072.9566	LC
542	589864.8323	1472774.033	1072.8913	B
543	589837.9471	1472775.895	1070.1251	ALC
544	589836.0554	1472775.64	1070.0048	ALC
545	589834.7934	1472768.261	1069.6441	ALC
546	589830.4078	1472766.154	1069.05	ALC
547	589855.1437	1472777.349	1071.9011	TN
548	589853.9759	1472782.801	1072.2338	LP
549	589911.8888	1472769.655	1078.0363	PI
550	589881.5312	1472765.573	1075.2427	LP
551	589881.5144	1472767.511	1074.9648	B
552	589881.466	1472769.556	1074.9225	LC
553	589881.6711	1472772.139	1074.8766	B
554	589906.0506	1472766.972	1077.6274	LP
555	589906.016	1472768.553	1077.4641	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
556	589905.8163	1472770.7	1077.4819	LC
557	589905.6832	1472772.85	1077.3792	B
558	589905.7426	1472774.979	1077.5088	LP
559	589932.9613	1472770.781	1080.1687	LP
560	589931.8391	1472773.142	1079.687	TN
561	589931.4581	1472774.847	1079.7006	B
562	589930.5124	1472777.471	1079.7196	LC
563	589929.6252	1472779.907	1079.7321	B
564	589929.042	1472782.708	1079.4358	LP
565	589884.9865	1472773.769	1076.1071	LP
566	589956.3539	1472777.682	1082.2361	LP
567	589955.5566	1472780.634	1081.7369	TN
568	589954.9545	1472782.725	1081.5507	B
569	589954.1322	1472785.303	1081.6296	LC
570	589953.3324	1472787.777	1081.6029	B
571	589953.0128	1472791.117	1083.0918	LP
572	589953.5605	1472789.054	1081.4075	TN
573	589980.1311	1472787.407	1082.64	LP
574	589979.3549	1472789.302	1082.5489	TN
575	589978.7843	1472790.581	1082.8608	B
576	589977.9367	1472793.174	1082.9327	LC
577	589977.0262	1472795.598	1082.9244	B
578	589976.556	1472797.044	1082.5443	TN
579	589999.2169	1472802.439	1083.7435	PI
580	589972.2102	1472797.222	1082.9485	LP
581	590007.2538	1472797.98	1083.4263	LP
582	590009.628	1472799.186	1083.9559	PTE
583	590007.189	1472799.671	1083.8887	B
584	590006.571	1472801.963	1083.9106	LC
585	590006.0617	1472804.545	1083.9208	B
586	590005.1964	1472807.192	1083.8939	LP
587	590031.7915	1472802.922	1085.0391	LP
588	590031.1428	1472805.334	1085.0531	B
589	590030.6228	1472807.83	1085.0639	LC
590	590029.8572	1472810.158	1084.9326	B
591	590026.6645	1472811.19	1085.2269	LP
592	590062.262	1472819.813	1087.5376	PI

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
593	590056.9108	1472807.277	1086.6572	LP
594	590056.6831	1472810.733	1086.7221	B
595	590056.2952	1472813.651	1086.8944	LC
596	590055.2379	1472817.228	1086.9452	B
597	590054.4201	1472818.984	1086.6299	TN
598	590053.0695	1472824.251	1088.997	LP
599	590083.4593	1472822.257	1089.9696	LP
600	590082.9052	1472826.368	1089.8186	LP
601	590080.6179	1472827.002	1089.5178	B
602	590079.4164	1472828.56	1089.6191	LC
603	590077.7164	1472830.51	1089.5453	B
604	590075.0827	1472832.276	1090.0268	TN
605	590060.8679	1472829.236	1089.4515	LP
606	590070.074	1472835.237	1090.4157	LP
607	590062.2852	1472826.724	1089.8964	TN
608	590063.5159	1472822.481	1087.5176	TN
609	590064.7799	1472821.242	1087.7425	B
610	590066.6059	1472816.566	1087.8258	LC
611	590067.5361	1472812.328	1087.4656	B
612	590068.6436	1472807.707	1088.4724	LP
613	590070.5371	1472821.02	1088.2448	B
614	590110.4157	1472810.179	1089.2603	PI
615	590090.8241	1472831.468	1091.1366	LP
616	590089.0141	1472832.954	1090.9457	B
617	590088.3588	1472834.291	1090.9754	LC
618	590087.6881	1472835.881	1091.0229	B
619	590085.368	1472843.795	1093.2627	LP
620	590086.4575	1472837.174	1092.3739	TN
621	590091.8726	1472818.938	1089.9316	PTE y LP
622	590090.9258	1472816.322	1089.2627	B
623	590090.728	1472813.574	1089.1748	LC
624	590090.1988	1472811.125	1089.0439	B
625	590089.2305	1472808.642	1089.5957	LP
626	590120.7862	1472807.835	1088.8782	LP
627	590120.2714	1472806.471	1088.6396	B
628	590118.8364	1472804.161	1088.774	LC
629	590117.6963	1472801.701	1088.7453	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
630	590116.2926	1472799.972	1089.3262	LP
631	590140.0015	1472790.366	1086.8098	LP
632	590143.4149	1472795.171	1086.9034	PI
633	590144.5655	1472796.96	1087.1118	LP
634	590142.4302	1472792.892	1086.8691	LC
635	590141.3531	1472791.105	1086.8889	B
636	590140.774	1472789.983	1086.5021	TN
637	590153.9113	1472785.319	1085.696	S
638	590153.1861	1472783.18	1085.8439	LP
639	590153.3166	1472783.616	1085.3132	TN
640	590153.7545	1472784.943	1085.7595	B
641	590154.9141	1472787.122	1085.7552	LC
642	590155.8536	1472789.194	1085.7755	B
643	590174.8897	1472770.347	1083.2329	LP
644	590157.1668	1472790.603	1085.9483	LP
645	590175.5393	1472771.297	1083.1831	B
646	590173.7194	1472771.4	1082.9948	TN
647	590178.0393	1472772.773	1083.08	LC
648	590179.8499	1472775.169	1083.1255	B
649	590183.1313	1472778.001	1083.6873	LP
650	590185.0992	1472775.658	1083.2738	PTE
651	590195.2587	1472762.45	1080.5557	PI
652	590195.8714	1472750.362	1079.8991	LP
653	590196.4593	1472750.877	1078.8945	TN
654	590197.6226	1472752.045	1079.3781	B
655	590199.9647	1472754.27	1079.2746	LC
656	590202.2247	1472756.308	1079.2734	B
657	590206.6385	1472760.839	1079.2838	LP
658	590222.4564	1472742.314	1074.9202	LP
659	590220.0004	1472739.759	1075.7136	B
660	590217.6946	1472737.747	1075.8239	LC
661	590215.3318	1472735.492	1075.9557	B
662	590215.4777	1472731.947	1075.0881	TN
663	590252.4118	1472699.232	1068.6037	PI
664	590212.3133	1472723.792	1079.5122	LP
665	590237.6471	1472724.461	1072.5711	LP
666	590235.6227	1472722.991	1072.6142	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
667	590233.2643	1472720.966	1072.5767	LC
668	590230.9641	1472719.057	1072.5914	B
669	590229.3226	1472717.088	1072.2306	TN
670	590252.97	1472704.49	1069.2128	LP
671	590250.5308	1472703.054	1069.1844	B
672	590247.8731	1472701.944	1069.0329	LC
673	590228.6982	1472715.44	1073.3088	TN
674	590244.4441	1472700.168	1068.909	B
675	590239.66	1472698.908	1071.2076	LP
676	590233.0669	1472707.49	1073.4514	LP
677	590262.3525	1472677.817	1065.1645	LP
678	590259.3295	1472676.859	1064.6978	B
679	590256.5493	1472676.428	1064.5908	LC
680	590253.0134	1472675.74	1064.3969	B
681	590252.1445	1472675.456	1063.9944	TN
682	590249.9318	1472675.064	1066.1333	LP
683	590267.2155	1472649.485	1058.9703	LP
684	590262.122	1472649.063	1059.4738	B
685	590259.2269	1472648.931	1059.436	LC
686	590256.2025	1472648.718	1059.5106	B
687	590254.9674	1472648.657	1059.0737	TN
688	590253.0364	1472648.337	1059.6145	LP
689	590268.7424	1472621.998	1052.397	LP
690	590260.8943	1472564.17	1049.5609	PI
691	590263.3591	1472622.334	1055.8185	B
692	590260.6358	1472622.172	1055.8991	LC
693	590257.9304	1472622.106	1055.8467	B
694	590256.7331	1472622.151	1055.2496	TN
695	590253.7113	1472621.623	1056.073	LP
696	590270.2181	1472588.715	1052.1458	LP
697	590267.239	1472588.305	1052.1796	TN
698	590265.9225	1472588.138	1052.5096	B
699	590263.0884	1472588.163	1052.5229	LC
700	590260.0537	1472588.022	1052.3905	B
701	590255.9898	1472588.448	1054.4994	LP
702	590258.0544	1472605.067	1053.9028	ALC
703	590258.1655	1472603.502	1053.8302	ALC

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
704	590265.278	1472605.789	1053.9576	ALC
705	590265.5112	1472603.892	1053.7653	ALC
706	590271.986	1472561.641	1048.9041	LP
707	590270.2515	1472561.284	1048.269	TN
708	590269.2122	1472561.208	1048.6498	B
709	590265.66	1472560.54	1048.8852	LC
710	590261.7174	1472559.8	1049.0389	B
711	590257.524	1472558.886	1049.8855	LP
712	590276.6068	1472555.703	1047.3381	LP
713	590276.357	1472552.296	1047.2318	TN
714	590275.2228	1472551.029	1045.8098	TN
715	590274.7861	1472550.306	1045.8169	B
716	590273.7387	1472546.161	1045.6738	LC
717	590273.1747	1472542.733	1045.5076	B
718	590272.2192	1472537.995	1045.7659	LP
719	590281.9886	1472539.931	1043.8426	PI
720	590273.8462	1472537.585	1045.5235	LP
721	590275.4761	1472541.554	1044.9969	B
722	590276.5329	1472544.344	1045.012	LC
723	590276.6396	1472548.761	1045.2505	B
724	590297.1196	1472537.957	1040.9769	LP
725	590296.8807	1472541.274	1040.9459	B
726	590296.121	1472543.372	1041.0031	LC
727	590295.2264	1472546.556	1041.0087	B
728	590294.8953	1472550.259	1041.2632	TN
729	590277.7909	1472556.087	1047.1701	LP
730	590277.7826	1472551.21	1046.687	TN
731	590293.0472	1472557.191	1042.6769	LP
732	590318.97	1472542.148	1035.8396	LP
733	590321.322	1472546.982	1037.1769	B
734	590320.5921	1472549.537	1037.3092	LC
735	590319.836	1472552.686	1037.3764	B
736	590319.3463	1472554.21	1036.9588	TN
737	590318.1938	1472560.735	1038.0829	LP
738	590361.6203	1472558.198	1032.7335	PI
739	590350.3187	1472548.288	1033.5832	LP
740	590349.8974	1472551.958	1033.26	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
741	590349.6046	1472556.147	1033.8041	LC
742	590349.1933	1472560.039	1034.1848	B
743	590348.6339	1472561.85	1033.8655	TN
744	590348.1593	1472565.355	1035.7752	LP
745	590360.9437	1472545.032	1031.158	LP
746	590361.3468	1472550.056	1031.4723	B
747	590362.1717	1472553.933	1032.0767	LC
748	590360.3702	1472566.395	1034.1971	LP
749	590360.6979	1472563.674	1033.3698	TN
750	590376.6512	1472529.85	1028.0836	LP
751	590379.9957	1472533.158	1028.7798	B
752	590382.531	1472535.194	1028.8746	LC
753	590385.0581	1472537.387	1028.9104	B
754	590386.1502	1472538.409	1028.478	TN
755	590388.3348	1472540.13	1030.1767	LP
756	590402.5614	1472520.924	1025.6113	LP
757	590399.9072	1472518.412	1025.9378	B
758	590397.976	1472516.716	1025.9565	LC
759	590395.8951	1472514.763	1025.9854	B
760	590394.1284	1472512.644	1025.3689	TN
761	590392.89	1472511.124	1024.0604	LP
762	590443.9751	1472479.729	1019.0675	PI
763	590412.8652	1472493.618	1022.3108	LP
764	590414.3469	1472495.681	1022.7776	B
765	590415.9643	1472497.88	1022.7651	LC
766	590417.9517	1472500.431	1022.8224	B
767	590419.8535	1472502.911	1022.4914	LP
768	590431.7808	1472478.971	1019.9257	LP
769	590433.8949	1472483.21	1020.3163	B
770	590434.8696	1472485.637	1020.1307	LC
771	590436.4223	1472488.01	1019.8705	B
772	590439.5439	1472492.583	1019.3847	LP
773	590454.7965	1472471.245	1018.2154	LP
774	590453.559	1472477.197	1017.6056	TN
775	590452.3972	1472479.644	1018.1056	B
776	590451.6754	1472481.994	1018.0142	LC
777	590450.2492	1472485.547	1018.0023	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
778	590449.4144	1472487.665	1017.3978	TN
779	590448.8522	1472489.801	1018.9148	LP
780	590467.9415	1472496.286	1018.0259	LP
781	590468.9978	1472491.446	1014.4191	TN
782	590470.8483	1472489.656	1015.0149	B
783	590472.5694	1472487.2	1014.9456	LC
784	590475.4782	1472485.236	1014.6351	B
785	590477.9424	1472482.532	1013.7295	LP
786	590460.5054	1472475.454	1017.7243	PTE
787	590527.787	1472516.4	1005.8448	PI
788	590497.5825	1472494.703	1012.0295	LP
789	590495.6105	1472495.574	1011.8363	TN
790	590494.5042	1472497.462	1011.4357	B
791	590493.089	1472499.828	1011.5369	LC
792	590476.1281	1472491.803	1014.1139	S
793	590491.4235	1472502.089	1011.6529	B
794	590489.8374	1472508.242	1014.0833	LP
795	590508.8264	1472519.699	1008.9333	LP
796	590510.0264	1472517.875	1008.2497	TN
797	590511.468	1472515.393	1008.1013	B
798	590512.6013	1472512.078	1007.8968	LC
799	590514.083	1472509.01	1007.5924	B
800	590528.7581	1472525.714	1007.2039	LP
801	590526.7298	1472520.681	1005.8435	TN
802	590530.9621	1472516.706	1005.7228	PTE
803	590517.476	1472506.102	1007.8221	LP
804	590526.9455	1472513.222	1005.4764	LC
805	590525.9355	1472509.442	1004.9751	B
806	590540.7293	1472508.824	1003.8068	LP
807	590538.7008	1472507.025	1003.6983	B
808	590536.7799	1472504.969	1003.5428	LC
809	590534.3371	1472502.725	1003.3618	B
810	590532.1531	1472501.51	1003.0804	TN
811	590523.6817	1472499.729	1008.9874	LP
812	590535.9043	1472490.473	1006.1778	LP
813	590561.2714	1472476.495	997.7836	PI
814	590557.2238	1472484.796	999.172	LP

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
815	590555.49	1472483.554	999.2523	B
816	590553.3819	1472482.35	999.2376	LC
817	590550.9323	1472480.823	999.2259	B
818	590546.1769	1472476.434	998.9448	TN
819	590542.8377	1472475.096	1000.3193	LP
820	590570.3988	1472466.748	996.5814	LP
821	590568.5903	1472465.595	995.4641	TN
822	590566.5962	1472464.968	995.8537	B
823	590563.8988	1472464.152	995.7896	LC
824	590559.2021	1472464.835	995.939	B
825	590554.6983	1472464.218	998.1843	LP
826	590561.9349	1472413.619	987.1754	PI
827	590572.5816	1472444.186	994.4075	LP
828	590568.1963	1472444.24	991.781	TN
829	590566.7156	1472445.93	992.4519	B
830	590562.1277	1472447.798	992.741	LC
831	590559.4975	1472450.39	993.0066	B
832	590550.6457	1472427.619	991.2797	LP
833	590555.3273	1472409.944	988.318	LP
834	590557.9846	1472413.243	987.5218	TN
835	590560.7615	1472416.266	987.7959	B
836	590564.1673	1472419.347	987.598	LC
837	590567.8231	1472422.653	987.4302	B
838	590571.1884	1472425.139	987.1316	TN
839	590572.5444	1472425.348	988.2658	LP
840	590555.7995	1472426.055	989.5506	B
841	590560.0573	1472428.236	989.5675	LC
842	590564.1039	1472431.004	989.5498	B
843	590567.1012	1472432.077	989.2	TN
844	590583.4681	1472401.732	982.0627	LP
845	590584.0229	1472405.219	982.0144	B
846	590584.926	1472407.674	982.0045	LC
847	590585.2768	1472410.576	982.0773	B
848	590585.4909	1472412.462	982.0175	TN
849	590585.9362	1472413.606	982.6759	LP
850	590570.4462	1472430.992	989.4802	LP
851	590606.9557	1472396.904	976.8484	LP

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
852	590608.0866	1472399.442	977.4387	B
853	590608.6226	1472401.843	977.4675	LC
854	590609.295	1472404.216	977.4468	B
855	590609.8196	1472406.491	977.1276	LP
856	590614.0046	1472396.812	976.7716	PTE
857	590636.1002	1472399.009	974.1533	LP
858	590635.5374	1472396.631	974.0012	B
859	590634.7022	1472394.483	974.0442	LC
860	590633.7336	1472392.036	974.0064	B
861	590663.3806	1472383.153	971.1886	PI
862	590636.0281	1472387.713	971.6086	LP
863	590637.4872	1472390.911	973.6176	B
864	590638.2313	1472393.094	973.6384	LC
865	590638.9355	1472395.514	973.6427	B
866	590641.8971	1472397.35	973.4261	LP
867	590641.0918	1472396.304	973.128	TN
868	590658.8238	1472381.63	971.0323	LP
869	590659.3546	1472384.157	971.5327	B
870	590659.9269	1472386.707	971.4827	LC
871	590660.7201	1472389.374	971.2876	B
872	590660.7316	1472390.196	971.0656	TN
873	590660.7829	1472391.359	971.5221	LP
874	590685.2994	1472376.755	967.8429	LP
875	590685.6629	1472379.313	968.7553	B
876	590685.8486	1472381.795	968.681	LC
877	590685.9306	1472384.297	968.5819	B
878	590685.8453	1472385.338	968.2647	TN
879	590683.7426	1472386.839	969.1793	LP
880	590780.0329	1472377.93	966.1263	PI
881	590713.48	1472375.569	965.3905	LP
882	590713.2837	1472377.979	966.111	B
883	590713.3476	1472380.647	966.2611	LC
884	590713.352	1472383.111	966.2082	B
885	590713.4038	1472385.221	965.5827	LP
886	590740.5867	1472374.781	964.2762	LP
887	590740.7115	1472376.194	965.2943	B
888	590740.6204	1472379.11	965.4543	LC

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
889	590740.6907	1472382.52	965.2676	B
890	590740.4367	1472383.843	964.1056	LP
891	590756.2443	1472375.456	965.6471	PTE
892	590758.4307	1472373.813	965.0479	LP
893	590758.8261	1472376.461	965.8106	B
894	590758.9328	1472378.802	965.7024	LC
895	590758.9818	1472381.216	965.5445	B
896	590758.9855	1472382.845	965.4875	LP
897	590780.6755	1472374.409	965.7262	LP
898	590779.3152	1472381.205	966.042	LC
899	590778.7155	1472384.091	965.7962	B
900	590778.0719	1472386.22	965.5392	LP
901	590804.5767	1472383.564	964.2439	LP
902	590803.1938	1472387.176	964.9251	B
903	590802.2223	1472389.644	965.0036	LC
904	590801.1379	1472392.003	964.984	B
905	590798.9231	1472393.635	964.8536	LP
906	590844.7641	1472397.874	964.2184	PI
907	590832.3159	1472403.267	964.7438	LP
908	590832.2259	1472399.616	964.3953	B
909	590832.3684	1472396.622	964.2253	LC
910	590832.9167	1472394.174	963.9698	B
911	590834.3732	1472392.247	964.2079	LP
912	590858.8063	1472386.001	964.1908	LP
913	590858.9918	1472387.076	963.6914	TN
914	590859.4198	1472388.532	963.7251	B
915	590859.7912	1472390.889	963.8143	LC
916	590860.4322	1472393.146	963.7845	B
917	590860.2943	1472394.583	963.539	TN
918	590887.5804	1472376.948	961.4848	LP
919	590888.3088	1472379.553	961.5617	TN
920	590888.5962	1472380.534	961.8351	B
921	590889.0443	1472382.607	961.7773	LC
922	590859.694	1472398.451	966.3883	LP
923	590889.7325	1472385.065	961.7379	B
924	590889.781	1472385.85	961.5126	TN
925	590885.9627	1472390.962	964.4492	LP

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
926	590915.1777	1472377.153	958.6792	PI
927	590896.3511	1472379.481	961.0461	S
928	590918.7528	1472373.973	957.7201	LP
929	590918.9633	1472375.04	958.2828	TN
930	590919.0561	1472376.794	958.1726	B
931	590919.2967	1472379.162	958.1633	LC
932	590919.2187	1472381.666	958.1308	B
933	590918.8596	1472382.706	957.7162	TN
934	590917.2953	1472385.969	961.5304	LP
935	590938.5483	1472371.453	954.0624	LP
936	590944.101	1472372.062	954.2693	TN
937	590943.951	1472373.815	955.0597	B
938	590944.0628	1472376.083	955.0628	LC
939	590944.2033	1472378.317	955.1579	B
940	590944.309	1472379.67	954.5703	TN
941	590943.7009	1472381.419	955.7427	LP
942	590969.3577	1472366.32	952.3773	LP
943	590969.9736	1472368.294	952.1969	B
944	590970.2472	1472370.586	952.2508	LC
945	590970.5068	1472372.992	952.2212	B
946	590970.9661	1472373.758	951.8381	TN
947	590972.0523	1472375.925	952.6955	LP
948	590968.9945	1472376.3	953.2497	PTE
949	591021.7626	1472359.967	948.7395	PI
950	590997.8315	1472369.836	949.9351	LP
951	590997.3898	1472367.912	949.4714	TN
952	590997.2585	1472366.606	949.9772	B
953	590996.6554	1472364.195	950.0554	LC
954	590996.2765	1472362.004	950.0576	B
955	590995.4109	1472358.583	949.8908	LP
956	591007.1797	1472356.017	949.1042	BM3
957	591019.1049	1472351.046	949.0318	REF
958	591006.8629	1472354.955	949.1421	REF
959	591075.1285	1472333.838	945.9243	BM4 y PI
960	591074.4878	1472331.958	946.1625	PTE
961	591022.379	1472350.077	948.722	LP
962	591022.9108	1472351.447	948.479	TN

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
963	591023.7819	1472353.515	948.6672	B
964	591024.5201	1472355.832	948.729	LC
965	591025.5469	1472358.623	948.5971	B
966	591026.1521	1472360.504	948.1534	TN
967	591026.8124	1472362.245	948.1773	LP
968	591043.0994	1472342.546	947.7586	LP
969	591043.6053	1472343.909	947.5662	TN
970	591044.5704	1472345.556	947.8411	B
971	591045.6379	1472347.774	947.9036	LC
972	591046.6219	1472350.099	947.8451	B
973	591046.8674	1472352.016	947.5873	TN
974	591047.4003	1472353.91	947.8813	LP
975	591070.0274	1472331.931	946.6042	LP
976	591070.408	1472333.384	946.1605	TN
977	591070.8074	1472334.88	946.3359	B
978	591071.6169	1472337.396	946.3218	LC
979	591072.3205	1472340.435	946.168	B
980	591072.5955	1472341.581	945.8648	TN
981	591075.1297	1472344.766	948.3399	LP
982	591092.0419	1472329.841	944.3268	LP
983	591092.2131	1472331.731	943.8322	TN
984	591091.8264	1472332.93	944.073	B
985	591090.6705	1472335.452	944.0094	LC
986	591089.4985	1472337.993	943.9224	B
987	591089.1952	1472338.746	943.5218	TN
988	591084.8988	1472342.478	947.7396	LP
989	591113.0623	1472335.562	940.4776	LP
990	591112.3077	1472337.324	940.2108	TN
991	591111.6505	1472338.536	940.529	B
992	591109.9854	1472340.929	940.5183	LC
993	591108.5155	1472343.234	940.5903	B
994	591107.761	1472344.037	940.2655	TN
995	591201.6602	1472366.142	925.1822	PI
996	591104.4288	1472347.199	944.3302	LP
997	591135.2046	1472345.748	934.6018	LP
998	591134.9669	1472346.38	934.971	TN
999	591134.5551	1472348.1	935.172	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1000	591133.881	1472350.842	935.3439	LC
1001	591132.9434	1472354.758	935.1655	TN
1002	591158.021	1472351.644	930.4658	LP
1003	591157.6598	1472353.845	930.7564	B
1004	591156.9156	1472356.957	930.9231	LC
1005	591155.9116	1472359.572	931.0449	B
1006	591155.5688	1472360.786	930.7519	TN
1007	591157.2742	1472364.869	933.6441	LP
1008	591135.8909	1472359.029	936.6285	LP
1009	591136.1258	1472355.973	934.5728	TN
1010	591183.4403	1472368.567	927.285	LP
1011	591183.7224	1472366.444	926.9169	TN
1012	591183.7838	1472365.374	926.1417	TN
1013	591184.0179	1472363.822	926.661	B
1014	591184.3884	1472361.702	926.6848	LC
1015	591184.8795	1472359.128	926.6251	B
1016	591185.8223	1472356.747	926.7638	LP
1017	591201.5494	1472371.404	925.6761	LP
1018	591201.6096	1472369.076	924.8328	TN
1019	591201.5981	1472363.478	925.2348	LC
1020	591201.5937	1472361.162	925.0742	B
1021	591201.8394	1472358.736	924.714	LP
1022	591225.3206	1472356.086	924.2782	LP
1023	591225.7914	1472358.939	924.255	B
1024	591226.3897	1472362.289	924.4871	LC
1025	591226.5208	1472365.381	924.4844	B
1026	591226.9539	1472367.456	924.1591	TN
1027	591229.0752	1472371.159	924.4052	LP
1028	591254.3402	1472351.147	924.8905	LP
1029	591254.6138	1472353.326	924.6839	B
1030	591254.8125	1472356.459	924.8302	LC
1031	591255.4285	1472359.242	924.6905	B
1032	591255.7146	1472360.298	924.3052	TN
1033	591373.7659	1472333.849	930.3011	PI
1034	591254.708	1472363.845	927.133	LP
1035	591281.7861	1472358.579	930.4826	LP
1036	591280.6057	1472354.683	925.6944	TN

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1037	591303.0455	1472353.995	931.6187	B
1038	591280.4077	1472353.441	926.1096	LC
1039	591280.3833	1472353.44	926.1109	B
1040	591279.7839	1472351.172	926.2557	LC
1041	591279.3517	1472348.857	926.0508	B
1042	591278.6736	1472347.399	926.4744	LP
1043	591302.6299	1472342.364	927.7205	LP
1044	591302.7231	1472344.146	927.8108	B
1045	591303.1299	1472346.297	927.9236	LC
1046	591303.3891	1472348.485	927.7689	B
1047	591303.6764	1472349.868	927.4167	TN
1048	591323.5622	1472338.278	928.2959	LP
1049	591323.6197	1472340.248	928.9423	B
1050	591323.7553	1472342.338	929.0652	LC
1051	591324.0372	1472344.485	928.9367	B
1052	591324.0796	1472345.776	928.6289	TN
1053	591316.6562	1472351.006	931.3783	LP
1054	591344.7514	1472334.532	929.7565	LP
1055	591345.1285	1472336.087	929.9928	B
1056	591345.6962	1472338.261	930.0996	LC
1057	591346.1586	1472340.194	929.9694	B
1058	591347.8698	1472344.143	933.3549	LP
1059	591371.8986	1472338.955	934.2924	LP
1060	591368.3225	1472328.015	929.6448	LP
1061	591366.6954	1472329.222	930.2064	PTE
1062	591369.1037	1472329.965	930.3251	B
1063	591369.8143	1472332.346	930.3783	LC
1064	591370.5288	1472334.715	930.333	B
1065	591371.2754	1472336.376	930.4314	TN
1066	591393.0261	1472333.986	935.2501	LP
1067	591389.8087	1472321.979	928.7471	LP
1068	591390.4458	1472323.961	929.499	B
1069	591391.4159	1472326.212	929.6618	LC
1070	591392.1016	1472328.202	929.6518	B
1071	591392.5848	1472329.622	929.4135	TN
1072	591416.6481	1472326.129	934.5162	LP
1073	591410.4399	1472313.492	928.0109	LP

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1074	591411.3404	1472315.57	928.4425	B
1075	591412.279	1472317.544	928.538	LC
1076	591412.9343	1472319.736	928.4794	B
1077	591413.3867	1472321.386	928.2651	TN
1078	591439.5708	1472316.142	934.9279	LP
1079	591434.6491	1472302.809	926.811	LP
1080	591435.255	1472304.435	927.1595	B
1081	591436.4253	1472306.563	927.2095	LC
1082	591437.3656	1472308.629	927.1179	B
1083	591370.2051	1472334.484	930.3037	S
1084	591472.7169	1472293.317	925.1455	PI
1084	591472.7169	1472293.317	925.1505	LP
1085	591466.9701	1472307.567	932.5203	LP
1086	591435.4747	1472310.971	926.9422	TN
1087	591484.522	1472307.919	930.5458	LP
1088	591460.9452	1472294.664	926.068	PTE
1089	591462.8479	1472293.506	925.8574	LP
1090	591462.8778	1472295.213	925.8442	B
1091	591463.1275	1472297.523	925.7139	LC
1092	591463.6719	1472299.843	925.6143	B
1093	591463.9653	1472301.62	925.3986	TN
1094	591488.7698	1472293.279	923.3352	LP
1095	591488.3698	1472295.407	923.6207	B
1096	591487.947	1472297.733	923.5289	LC
1097	591487.3118	1472300.024	923.4374	B
1098	591486.8889	1472301.499	923.1424	TN
1099	591510.3287	1472311.476	922.7648	LP
1100	591513.2436	1472299.476	919.6231	LP
1101	591512.862	1472301.247	919.8341	B
1102	591512.6947	1472304.161	919.918	LC
1103	591512.4407	1472306.863	920.0283	B
1104	591512.2229	1472308.622	919.7	TN
1105	591532.0685	1472313.815	920.2685	LP
1106	591534.6116	1472303.703	916.5854	PI
1107	591558.2301	1472315.501	920.0793	LP
1108	591535.2498	1472302.237	916.1839	LP
1109	591534.8749	1472306.761	916.682	LC
1110	591534.5881	1472309.074	916.872	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1111	591534.8191	1472310.959	916.571	TN
1112	591581.5788	1472314.055	915.036	LP
1113	591556.0595	1472302.365	913.7951	PTE
1114	591558.7001	1472300.731	912.6728	LP
1115	591558.7474	1472303.346	913.2705	B
1116	591559.1586	1472305.604	913.2248	LC
1117	591559.203	1472308.397	913.1979	B
1118	591559.084	1472309.86	912.8054	TN
1119	591581.4742	1472301.119	910.0945	LP
1120	591581.1287	1472303.092	910.1153	B
1121	591581.1747	1472305.803	910.09	LC
1122	591580.8695	1472308.314	910.0714	B
1123	591580.9755	1472309.947	909.6974	TN
1124	591604.9804	1472302.838	906.9084	LP
1125	591605.6106	1472304.389	906.5501	B
1126	591605.5669	1472306.98	906.59	LC
1127	591605.2722	1472309.95	906.6521	B
1128	591605.3478	1472311.828	906.1474	TN
1129	591633.0689	1472305.422	903.5326	LP
1130	591632.8611	1472306.966	902.4567	TN
1131	591632.8482	1472307.745	902.7928	B
1132	591632.5362	1472310.236	902.7637	LC
1133	591632.3296	1472312.654	902.7688	B
1134	591631.9303	1472314.215	902.2604	TN
1135	591638.9441	1472308.379	901.8819	PI
1136	591607.1462	1472314.226	909.213	LP
1137	591632.1635	1472316.421	903.2372	LP
1138	591665.1256	1472312.927	899.3661	LP
1139	591655.911	1472310.515	899.776	PTE
1140	591664.671	1472315.807	897.5002	TN
1141	591664.2451	1472316.487	897.6698	B
1142	591663.65	1472318.76	897.647	LC
1143	591662.2324	1472321.165	897.6821	B
1144	591661.758	1472321.79	897.393	TN
1145	591659.4176	1472324.896	897.4751	LP
1146	591688.2595	1472325.033	894.6512	LP
1147	591686.7248	1472327.378	893.6711	TN

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1148	591686.2986	1472328.281	893.9403	B
1149	591685.4935	1472330.377	893.9457	LC
1150	591684.4405	1472332.346	893.9549	B
1151	591683.3138	1472334.053	893.4464	TN
1152	591682.471	1472335.566	894.0403	LP
1153	591708.5125	1472333.824	891.6087	LP
1154	591707.2675	1472336.802	891.5457	TN
1155	591706.7965	1472337.703	891.8618	B
1156	591705.9715	1472339.781	891.9481	LC
1157	591704.3595	1472342.542	892.0046	B
1158	591702.63	1472345.446	891.8082	LP
1159	591731.4626	1472345.363	890.7506	LP
1160	591730.2727	1472347.908	890.5924	B
1161	591729.2387	1472350.191	890.7329	LC
1162	591728.2516	1472352.697	890.7022	B
1163	591727.6552	1472354.644	890.4431	TN
1164	591727.0939	1472355.726	890.7142	LP
1165	591750.7405	1472364.408	890.3439	LP
1166	591750.9045	1472363.912	889.7056	TN
1167	591751.5404	1472362.493	889.9702	B
1168	591752.9771	1472359.503	890.0337	LC
1169	591767.1186	1472370.916	889.6418	PTE
1170	591785.1733	1472378.519	888.7516	PI
1171	591759.098	1472365.26	889.745	S
1172	591753.6448	1472353.419	889.3514	LP
1173	591781.095	1472364.951	888.9463	LP
1174	591779.495	1472367.678	889.2928	B
1175	591778.1346	1472370.545	889.3423	LC
1176	591776.541	1472373.424	889.1867	B
1177	591775.459	1472374.415	888.9122	TN
1178	591776.0145	1472378.879	893.1403	LP
1179	591792.6022	1472394.142	893.1691	LP
1180	591806.4919	1472384.354	886.9306	LP
1181	591804.3391	1472385.499	887.734	TN
1182	591802.0271	1472387.249	887.5291	B
1183	591799.6043	1472388.163	887.6444	LC
1184	591797.1637	1472390.237	887.5163	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1185	591795.8465	1472390.959	887.0994	TN
1186	591817.0172	1472402.92	884.132	LP
1187	591815.3488	1472404.641	884.411	B
1188	591813.0142	1472406.783	884.898	LC
1189	591810.6862	1472394.75	886.1964	PTE
1190	591810.5136	1472408.752	885.1824	B
1191	591810.027	1472410.956	884.7443	TN
1192	591830.0264	1472421.499	882.3924	PI
1193	591833.7942	1472414.156	881.7267	LP
1194	591833.0183	1472415.595	881.7659	B
1195	591831.7981	1472418.336	882.0696	LC
1196	591829.0858	1472422.823	882.1966	TN
1197	591827.4749	1472425.489	884.3223	LP
1198	591856.6698	1472419.286	878.9386	LP
1199	591856.1856	1472420.199	878.7024	TN
1200	591855.6747	1472421.585	878.9598	B
1201	591854.6934	1472424.425	878.9551	LC
1202	591853.5405	1472427.728	878.9033	B
1203	591852.5802	1472429.679	878.4169	TN
1204	591850.3239	1472432.814	881.288	LP
1205	591884.8856	1472441.62	874.0959	PI
1206	591875.4906	1472430.271	876.1129	PTE
1207	591892.2973	1472446.797	872.871	LP
1208	591889.938	1472448.631	872.8857	TN
1209	591888.7961	1472449.21	873.0591	B
1210	591886.9044	1472450.12	872.9352	LC
1211	591884.0997	1472450.738	872.8574	B
1212	591882.8077	1472451.147	872.3458	TN
1213	591879.0624	1472453.092	877.1227	LP
1214	591898.3161	1472470.853	870.261	LP
1215	591895.4589	1472471.137	870.1785	B
1216	591892.8879	1472471.602	870.1326	LC
1217	591890.2804	1472471.914	870.0696	B
1218	591888.8684	1472472.302	869.5754	TN
1219	591884.351	1472472.29	875.2022	LP
1220	591900.1573	1472489.92	867.7635	LP
1221	591898.001	1472491.865	867.3527	TN

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1222	591896.9222	1472492.567	867.5297	B
1223	591894.9045	1472492.994	867.5295	LC
1224	591892.2596	1472493.428	867.5293	B
1225	591890.9391	1472493.49	867.1523	TN
1226	591907.3194	1472527.206	863.0393	PI
1227	591887.2098	1472488.28	871.7149	LP
1228	591906.3893	1472513.39	864.217	LP
1229	591905.3081	1472514.141	863.9969	TN
1230	591904.1188	1472514.703	864.4124	B
1231	591901.4586	1472516.171	864.5009	LC
1232	591899.0891	1472517.299	864.6573	B
1233	591897.7236	1472518.201	864.3026	TN
1234	591893.9636	1472518.762	868.686	LP
1235	591914.5503	1472522.293	862.1841	LP
1236	591912.9726	1472524.591	862.2891	B
1237	591911.5253	1472526.831	862.3734	LC
1238	591910.1514	1472529.259	862.5728	B
1239	591909.4326	1472530.419	862.2094	TN
1240	591907.9754	1472534.016	864.4097	LP
1241	591916.2363	1472537.031	861.782	PTE
1242	591925.6513	1472524.709	859.5599	LP
1243	591926.2122	1472526.622	859.5494	B
1244	591926.8381	1472529.57	859.7552	LC
1245	591928.2491	1472532.692	859.8098	B
1246	591921.1008	1472534.048	860.828	B
1247	591918.7271	1472537.349	860.3292	TN
1248	591916.1724	1472541.264	861.9029	LP
1249	591929.3795	1472536.416	859.5265	PI
1250	591931.9336	1472536.842	859.0025	LP
1251	591923.7831	1472556.24	859.2362	LP
1252	591925.7663	1472556.476	858.1947	TN
1253	591927.6518	1472556.542	857.2155	B
1254	591928.9849	1472556.831	857.1662	LC
1255	591930.2418	1472557.163	857.1304	B
1256	591933.3218	1472557.661	857.3941	LP
1257	591932.4038	1472544.294	858.4653	LP
1258	591930.4775	1472544.36	858.5951	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1259	591929.1112	1472544.585	858.6552	LC
1260	591927.3938	1472544.979	858.6648	B
1261	591925.4421	1472545.215	858.208	TN
1262	591920.9246	1472547.408	860.3846	LP
1263	591938.5778	1472516.113	856.3549	LP
1264	591939.1037	1472516.596	855.9482	TN
1265	591940.0968	1472518.044	856.6089	B
1266	591941.944	1472519.933	856.6062	LC
1267	591943.6524	1472522.347	856.606	B
1268	591945.852	1472524.449	855.7886	LP
1269	591954.6517	1472500.232	852.9223	PTE y LP
1270	591955.2849	1472501.144	852.0378	TN
1271	591956.4182	1472502.119	852.4596	B
1272	591958.2961	1472503.761	852.334	LC
1273	591960.1598	1472505.484	852.3113	B
1274	591962.1685	1472506.837	852.3418	LP
1275	591979.3862	1472489.942	847.8126	LP
1276	591978.5883	1472488.671	847.3631	TN
1277	591977.5448	1472487.679	847.7287	B
1278	591975.3901	1472485.497	847.9379	LC
1279	591973.2457	1472483.599	848.0974	B
1280	591972.4699	1472482.689	847.7521	TN
1281	591973.8757	1472479.142	848.6898	LP
1282	592005.2889	1472460.145	841.0295	PI
1283	591988.3855	1472464.881	844.2363	LP
1284	591988.6417	1472465.36	843.6956	TN
1285	591989.6094	1472467.466	844.0482	B
1286	591991.2504	1472470.002	843.8683	LC
1287	591993.1049	1472473.042	843.6745	B
1288	591994.7845	1472475.424	843.0467	TN
1289	591996.84	1472477.564	843.3467	LP
1290	592002.7921	1472458.722	841.5739	PTE
1291	592003.4654	1472459.978	841.1174	TN
1292	592003.716	1472460.948	841.3269	B
1293	592004.4474	1472464.003	841.1187	LC
1294	592005.214	1472466.581	840.9529	B
1295	592005.8502	1472469.431	840.372	TN

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1296	592006.9159	1472472.282	841.0427	LP
1297	592022.9605	1472457.535	837.5741	LP
1298	592022.3375	1472459.633	837.6761	B
1299	592020.7904	1472462.265	837.8103	LC
1300	592018.6272	1472465.348	837.9988	B
1301	592016.7263	1472467.732	837.7802	TN
1302	592016.4127	1472469.673	838.4249	LP
1303	592074.1266	1472482.778	835.0166	PI
1304	592035.0902	1472461.19	834.8386	LP
1305	592034.2392	1472463.55	835.3131	B
1306	592033.226	1472465.312	835.3708	LC
1307	592032.1876	1472467.75	835.4004	B
1308	592031.4329	1472469.44	835.0461	TN
1309	592030.7719	1472471.786	835.4555	LP
1310	592040.7708	1472465.371	834.1662	P
1311	592039.9301	1472469.448	834.2224	P
1312	592046.8442	1472471.799	833.7877	P
1313	592048.0981	1472467.99	833.7576	P
1314	592054.9115	1472470.51	833.6152	P
1315	592053.8545	1472474.31	833.6365	P
1316	592055.3756	1472475.02	831.4877	TN
1317	592054.6342	1472470.06	832.014	TN
1318	592046.6674	1472467.311	831.8061	TN
1319	592040.3552	1472459.329	831.7194	TN
1320	592046.6406	1472471.924	831.5599	TN
1321	592042.1995	1472460.538	831.1308	TN
1322	592040.7314	1472469.767	831.5067	TN
1323	592049.3963	1472462.076	831.1973	TN
1324	592041.3639	1472465.423	831.5413	TN
1325	592055.0038	1472464.803	831.1543	TN
1326	592058.7509	1472465.697	833.3901	TN
1327	592060.6669	1472480.051	833.9487	TN
1328	592054.9799	1472478.508	831.3669	TN
1329	592048.9953	1472476.703	831.5414	TN
1330	592041.0933	1472474.615	831.7843	TN
1331	592038.1157	1472473.585	834.1669	LP
1332	592078.9426	1472476.336	835.1909	LP

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1333	592078.0379	1472476.887	834.7844	TN
1334	592077.319	1472478.489	835.2358	B
1335	592076.5555	1472480.672	835.2795	LC
1336	592076.0829	1472483.839	835.1459	B
1337	592073.6772	1472486.111	834.9083	LP
1338	592101.0235	1472484.641	839.7643	LP
1339	592100.6905	1472485.782	838.0248	TN
1340	592100.3106	1472487.005	838.4707	B
1341	592099.5939	1472489.145	838.4388	LC
1342	592098.3048	1472491.161	838.2511	B
1343	592097.7762	1472492.901	838.7036	PTE
1344	592097.6098	1472493.325	838.594	LP
1345	592127.6926	1472494.986	842.113	LP
1346	592127.4832	1472495.326	841.6527	TN
1347	592126.916	1472496.632	842.1228	B
1348	592126.2759	1472498.575	842.0716	LC
1349	592125.4511	1472500.482	841.9741	B
1350	592148.2802	1472502.483	844.8527	LP
1351	592121.6788	1472500.507	841.5699	LP
1352	592147.4602	1472503.647	843.9573	TN
1353	592147.027	1472504.66	844.3662	B
1354	592146.2331	1472506.593	844.4254	LC
1355	592145.4415	1472508.764	844.2418	B
1356	592170.5513	1472511.402	845.6281	PI
1357	592142.6869	1472509.367	844.3557	LP
1358	592157.9629	1472514.409	845.285	PTE
1359	592158.2938	1472513.778	845.2971	BM5
1360	592168.5291	1472521.644	845.7166	LP
1361	592169.8747	1472519.341	845.8877	B
1362	592170.9321	1472516.842	846.1234	LC
1363	592172.65	1472514.117	845.9132	B
1364	592173.6033	1472511.149	845.9518	LP
1365	592196.653	1472525.052	847.3792	LP
1366	592195.2038	1472526.76	847.4586	B
1367	592193.6043	1472528.879	847.552	LC
1368	592191.5685	1472531.324	847.2167	B
1369	592190.246	1472533.099	847.0032	LP

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1370	592204.0426	1472533.453	848.2136	BM6
1371	592205.692	1472531.702	848.3724	PTE
1372	592214.5137	1472540.184	850.265	LP
1373	592213.3556	1472541.582	849.4264	TN
1374	592212.378	1472542.34	849.5846	B
1375	592210.9703	1472544.118	849.6509	LC
1376	592209.6178	1472545.772	849.4805	B
1377	592208.3228	1472547.334	849.4192	LP
1378	592235.34	1472561.579	853.6523	LP
1379	592234.2469	1472562.826	852.6491	TN
1380	592233.66	1472563.482	852.7451	B
1381	592230.1943	1472566.644	852.7729	B
1382	592232.0668	1472565.266	852.8781	LC
1383	592245.5241	1472575.367	852.711	PI
1384	592228.6896	1472567.396	852.7488	LP
1385	592248.8298	1472573.067	854.3607	LP
1386	592245.1371	1472573.717	852.826	PTE
1387	592247.8601	1472576.136	852.5231	B
1388	592245.7237	1472578.75	852.5705	LC
1389	592243.4851	1472580.398	852.5344	B
1390	592242.2113	1472581.497	852.6669	LP
1391	592257.1645	1472592.124	850.4202	PI
1392	592250.1114	1472576.31	852.3533	B
1393	592254.5583	1472578.688	852.188	LC
1394	592258.6432	1472580.505	851.8916	B
1395	592260.1729	1472584.343	850.9387	LP
1396	592259.4379	1472585.042	850.777	B
1397	592263.1104	1472588.86	850.1714	LC
1398	592264.6768	1472591.177	849.8741	B
1399	592274.3467	1472598.037	849.3894	LP
1400	592259.0041	1472587.042	850.7058	B
1401	592257.831	1472588.647	850.7234	LC
1402	592255.7939	1472590.421	850.6622	LP
1403	592255.0666	1472591.122	850.7166	TN
1404	592253.6618	1472592.864	852.3045	LP
1405	592271.8564	1472599.574	847.8545	B
1406	592270.4041	1472601.29	848.1496	LC

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1407	592268.5442	1472602.742	848.1868	B
1408	592268.017	1472603.238	847.9859	TN
1409	592266.5718	1472605.907	849.8592	LP
1410	592256.7057	1472562.653	856.325	LP
1411	592255.0917	1472566.896	856.4293	PTE
1412	592259.275	1472563.655	855.7214	B
1413	592261.4823	1472564.418	855.5009	LC
1414	592264.1235	1472565.246	855.7288	B
1415	592265.1711	1472565.626	855.8572	LP
1416	592292.7655	1472592.02	847.9971	LP
1417	592292.8167	1472590.456	848.0194	B
1418	592292.6053	1472588.808	848.0641	LC
1419	592292.2134	1472587.052	848.0944	B
1420	592291.011	1472585.331	848.5701	LP
1421	592278.726	1472594.128	849.9194	LP
1422	592278.4091	1472591.81	849.5891	B
1423	592278.3249	1472590.309	849.6041	LC
1424	592276.6187	1472585.604	851.6314	LP
1425	592276.8845	1472588.342	849.6486	B
1426	592321.8438	1472638.946	839.0966	PI
1427	592291.2749	1472612.612	844.3699	LP
1428	592290.7492	1472614.037	844.7059	TN
1429	592289.8959	1472615.017	844.0531	TN
1430	592289.4712	1472615.534	844.3016	B
1431	592288.1275	1472617.102	844.2199	LC
1432	592286.4378	1472618.825	844.2448	B
1433	592283.8834	1472621.391	845.3817	LP
1434	592308.4774	1472625.038	841.3318	LP
1435	592305.1497	1472627.914	840.9908	B
1436	592303.4479	1472630.121	841.0187	LC
1437	592301.9873	1472631.862	841.2195	B
1438	592299.4259	1472635.207	841.1004	LP
1439	592320.1851	1472633.121	838.8984	LP
1440	592318.7328	1472635.809	838.992	TN
1441	592317.7794	1472637.158	839.3874	B
1442	592316.7178	1472639.164	839.3524	LC
1443	592315.5513	1472640.894	839.3819	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1444	592302.9185	1472636.817	840.8311	PTE
1445	592313.127	1472642.745	839.0678	TN
1446	592310.7803	1472643.94	839.0437	LP
1447	592328.1354	1472642.697	838.661	ALC
1448	592330.1107	1472643.87	838.5932	ALC
1449	592329.7097	1472648.131	838.534	ALC
1450	592326.2343	1472646.477	838.6805	ALC
1451	592328.3783	1472637.515	837.2895	LP
1452	592333.5885	1472640.01	837.1932	LP
1453	592330.8834	1472638.555	835.8421	TN
1454	592332.5222	1472639.316	835.9184	TN
1455	592329.1615	1472642.249	835.9412	TN
1456	592329.7637	1472642.589	835.758	TN
1457	592329.4713	1472649.546	835.5558	TN
1458	592326.7201	1472648.34	835.6397	TN
1459	592322.5864	1472651.763	836.187	LP
1460	592336.6087	1472658.824	837.6355	LP
1461	592335.2945	1472657.813	835.6371	LP
1462	592339.6948	1472653.562	838.1431	B
1463	592340.9121	1472651.259	838.207	LC
1464	592342.2463	1472648.87	838.1782	B
1465	592343.3585	1472644.978	838.3738	LP
1466	592363.7606	1472654.694	839.9047	LP
1467	592363.0767	1472656.196	839.311	TN
1468	592362.4569	1472657.655	839.1148	B
1469	592361.5903	1472659.754	839.0864	LC
1470	592360.5751	1472661.783	838.8765	B
1471	592359.4189	1472663.754	839.5977	TN
1472	592358.0701	1472666.634	839.7523	LP
1473	592387.3589	1472665.146	841.2576	LP
1474	592385.2142	1472668.614	840.8247	B
1475	592383.7528	1472671.196	840.6709	LC
1476	592381.8958	1472673.809	840.3421	B
1477	592380.5073	1472675.666	840.9032	TN
1478	592378.227	1472678.135	840.2758	LP
1479	592405.5424	1472684.786	843.05	LP
1480	592403.6352	1472686.234	842.4232	B

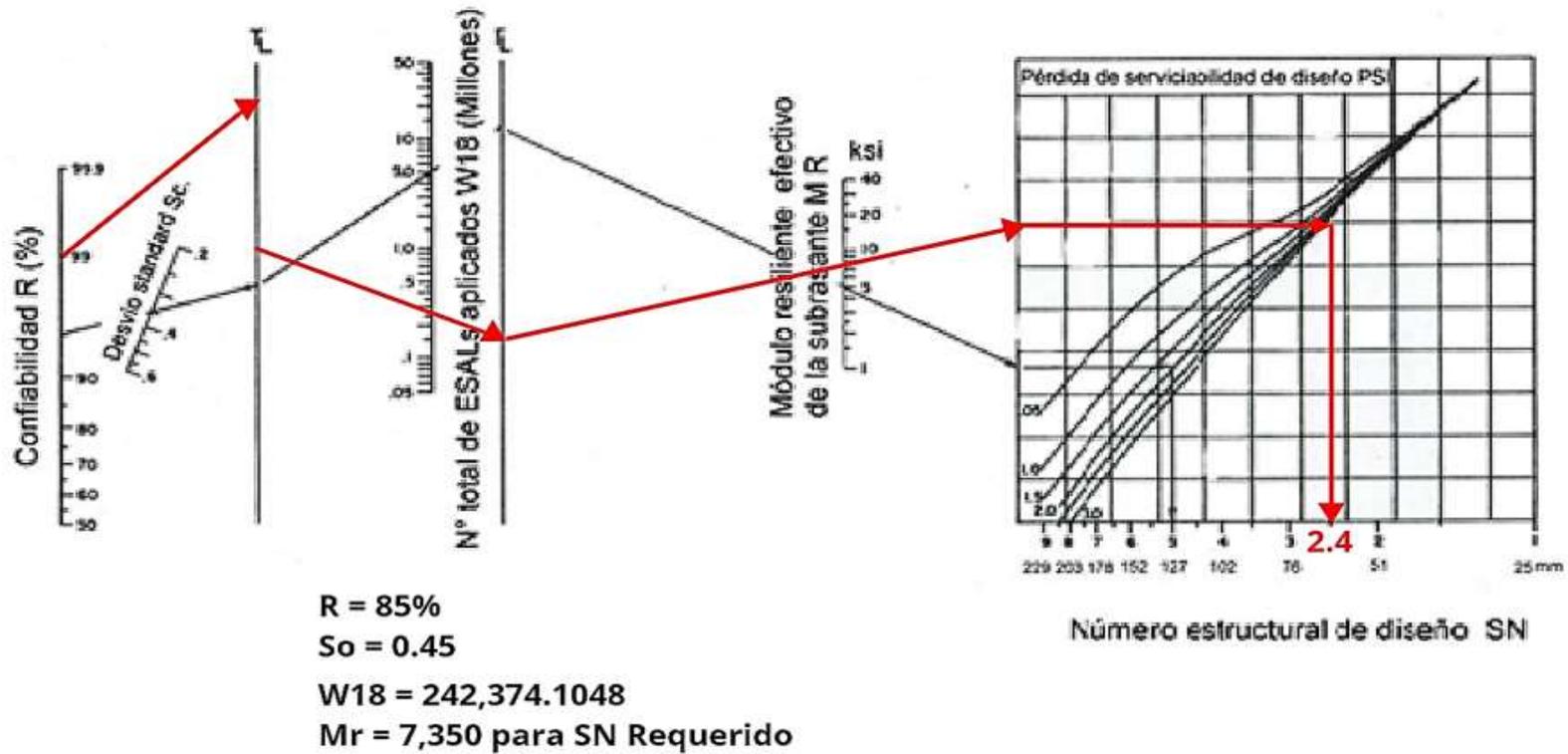
Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1481	592401.7312	1472687.877	842.3692	LC
1482	592399.7591	1472689.544	842.0965	B
1483	592398.7904	1472690.284	842.3254	TN
1484	592406.7659	1472687.062	843.3936	PTE
1485	592411.6622	1472698.223	843.3759	PI
1486	592399.6638	1472681.658	842.0446	S
1487	592395.8122	1472690.512	842.5981	LP
1488	592420.4706	1472710.435	843.8591	LP
1489	592418.1795	1472710.797	843.397	TN
1490	592416.7222	1472711.161	843.6636	B
1491	592414.0784	1472711.588	843.5634	LC
1492	592410.6507	1472712.001	843.2695	B
1493	592407.6859	1472712.778	843.9282	LP
1494	592425.9289	1472733.547	842.8538	LP
1495	592422.6725	1472734.057	842.5232	TN
1496	592421.2086	1472734.494	842.7927	B
1497	592418.722	1472735.257	842.9003	LC
1498	592416.1926	1472736.162	842.649	B
1499	592431.4294	1472758.879	845.0658	LP
1500	592413.2201	1472736.636	842.0485	LP
1501	592426.8345	1472759.985	841.6411	TN
1502	592425.7289	1472760.131	841.8593	B
1503	592423.6232	1472760.455	842.0581	LC
1504	592420.4363	1472760.766	841.8975	B
1505	592417.8813	1472761.347	841.2768	LP
1506	592435.229	1472784.608	841.7362	LP
1507	592432.0542	1472785.729	841.1839	TN
1508	592430.7897	1472785.858	841.4147	B
1509	592428.3253	1472786.237	841.5706	LC
1510	592425.4163	1472786.55	841.3845	B
1511	592422.814	1472787.285	840.5237	LP
1512	592452.275	1472939.405	840.7919	PI
1513	592425.6046	1472795.948	840.923	PTE
1514	592442.6963	1472900.239	841.055	PTE
1515	592442.9443	1472824.103	841.7074	LP
1516	592439.5804	1472824.682	840.4571	TN
1517	592438.5045	1472828.471	840.7908	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1518	592435.2532	1472825.061	841.0476	LC
1519	592432.6738	1472825.367	840.8529	B
1520	592430.3549	1472825.137	840.3294	LP
1521	592439.7418	1472828.546	840.4046	ALC
1522	592439.5307	1472827.162	840.4132	ALC
1523	592432.1032	1472829.871	840.0323	ALC
1524	592431.9571	1472828.282	840.0106	ALC
1525	592447.4488	1472855.287	843.1148	LP
1526	592443.7219	1472856.247	840.5796	TN
1527	592442.3035	1472856.151	840.7811	B
1528	592439.8169	1472856.45	840.9449	LC
1529	592437.1719	1472856.478	840.7538	B
1530	592434.1225	1472856.723	840.4959	LP
1531	592451.2879	1472883.051	843.3213	LP
1532	592447.7784	1472883.691	840.6384	TN
1533	592446.6197	1472883.719	840.8131	B
1534	592444.1022	1472883.955	840.9559	LC
1535	592441.5113	1472884.393	840.7444	B
1536	592439.6721	1472884.729	840.7868	LP
1537	592458.0159	1472905.005	843.069	LP
1538	592454.8647	1472905.504	841.6413	TN
1539	592451.7749	1472906.067	840.742	TN
1540	592450.3381	1472906.458	840.919	B
1541	592447.9997	1472906.681	841.0153	LC
1542	592445.6639	1472907.048	840.8331	B
1543	592444.3455	1472907.143	840.6109	TN
1544	592443.0888	1472907.334	840.8711	LP
1545	592462.6859	1472931.733	844.7379	LP
1546	592457.3801	1472932.634	840.6246	TN
1547	592456.2792	1472932.84	840.8066	B
1548	592453.8087	1472933.461	840.9894	LC
1549	592451.3461	1472934.057	840.8608	B
1550	592449.9899	1472934.526	840.7479	TN
1551	592449.2653	1472934.853	841.1625	LP
1552	592466.7875	1472953.185	840.8204	LP
1553	592464.7323	1472953.941	840.4682	TN
1554	592463.6605	1472954.494	840.5745	B

Puntos	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elevación. (msnm)	Código
1555	592461.2724	1472955.621	840.7298	LC
1556	592458.9324	1472956.704	840.6109	B
1557	592457.7156	1472957.518	840.3666	TN
1558	592456.5918	1472957.612	840.4992	LP
1559	592477.4746	1472977.629	840.2226	LP
1560	592475.2662	1472978.193	840.0956	TN
1561	592474.3831	1472978.578	840.2425	B
1562	592471.7341	1472979.612	840.4383	LC
1563	592468.9312	1472980.599	840.2627	B
1564	592467.0147	1472981.336	840.0808	LP
1565	592486.6934	1472998.797	840.1414	LP
1566	592477.6914	1472981.537	840.2919	PTE
1567	592485.3288	1472999.471	839.6991	TN
1568	592484.0864	1472999.98	840.0797	B
1569	592481.6929	1473001.281	840.2868	LC
1570	592479.2332	1473002.591	840.1569	B
1571	592478.3699	1473003.081	840.0435	TN
1572	592477.8056	1473003.524	840.0245	LP
1573	592496.0463	1473023.462	840.3081	LP
1574	592494.3455	1473023.803	840.271	B
1575	592491.9065	1473024.808	840.4384	LC
1576	592489.661	1473025.897	840.3618	B
1577	592487.5801	1473026.594	840.5779	LP

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 16: Nomograma para el cálculo del número estructural de diseño SN.

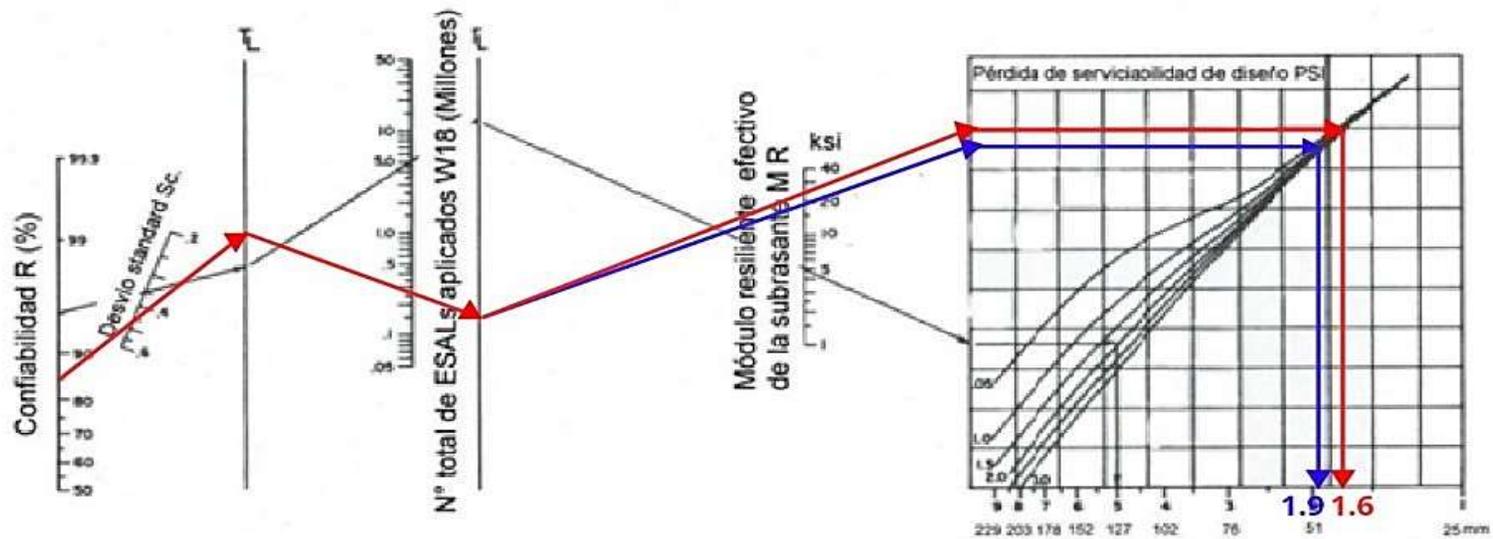


R = 85%
 So = 0.45
 W18 = 242,374.1048
 Mr = 7,350 para SN Requerido

Número Estructural de diseño SN = 2.4

Fuente: (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006, pág. 174).

Gráfica 17: Nomograma para el cálculo del número estructural de diseño SN.



R = 85%

So = 0.45

W18 = 242,374.1048

Mr = 28,600 para SN1

Mr = 18,100 para SN2

Número Estructural de diseño SN1 = 1.6

Número Estructural de diseño SN2 = 1.9

Fuente: (Diseño de pavimentos AASHTO-93, 2006, pág. 174).

