



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción.**

**Monografía.**

**“DISEÑO DE 800 METROS LINEALES DE PAVIMENTO ARTICULADO DEL BARRIO VILLA ESPERANZA, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ESTELÍ, POR EL MÉTODO DE AASHTO 93”.**

Para optar al título de ingeniero civil

**Elaborado por**

Br. Jelton Javier Calero Sevilla.

**Tutor**

Msc.Ing. Jimmy Sierra Mercado.

Managua, Septiembre 2018.

## RESUMEN EJECUTIVO

En el siguiente documento monográfico se presenta el diseño de la estructura de pavimento Articulado (Adoquinado) de 800 metros lineales de longitud, el cual se encuentra ubicado en el Barrio Villa Esperanza de la ciudad de Estelí sus coordenadas geográficas son **Inicio:** 13°05'17.3"Norte 86°20'44.8"Oeste y **Final:** 13°05'29.0"Norte 86°20'29.8"Oeste.

Estructura del contenido.

- I. Generalidades.
- II. Estudio Topográfico.
- III. Estudio de Tránsito.
- IV. Estudio Geotécnico.
- V. Diseño de Pavimento.
- VI. Estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico.

### **CAPÍTULO I: GENERALIDADES.**

Este capítulo aborda las generalidades del proyecto, ubicación del tramo en estudio, introducción, antecedentes, justificación sobre la importancia del diseño de los 800 metros lineales de adoquinado y objetivos planteados necesarios para lograr con éxito su diseño final mediante el método AASHTO 93.

### **CAPÍTULO II: ESTUDIO TOPOGRÁFICO.**

Se realizó por el sustentante de este trabajo monográfico, entre los alcances del proyecto comprendieron realizar el levantamiento de 800 metros lineales de calles en el Barrio Villa Esperanza. Se realizó una poligonal abierta a lo largo del eje central de la carretera levantándose secciones a cada 20 metros y variando las separaciones en dependencias de las intersecciones entre calles y avenidas, se ejecutó con la ayuda de una Estación Total Leica TS06, prisma, bastón, cintas de 50 m, chapas y pintura en aerosol. Según los resultados topográficos obtenidos el tramo es relativamente plano ya que las pendientes resultantes máximas obtenidas son menores a 5%.

### **CAPÍTULO III: ESTUDIO DE TRÁNSITO.**

Para cumplir con el segundo objetivo propuesto, se realizó un conteo vehicular en la estación 0+000 (inicio del proyecto) donde se captó el 100% de los vehículos, luego se estimó TPDiS (trafico promedio diurno semanal) el cual se calculó por medio de los datos recolectados en el conteo vehicular, realizado durante 7 días consecutivos 12 horas diurnas (6 am-6 pm), con el objetivo de estimar el TPDA (trafico promedio diurno anual) para el cual se utilizaron factores de ajustes de la estación de corta duración cercana al tramo (Estación ECD-110 Estelí-Cóndega), los factores utilizados fueron: FD (factor día) y FE (Factor expansión).

Luego se realizaron correlaciones de los datos de TPDA Vs PIB (producto interno bruto) y TPDA Vs POB (población) con la finalidad de estimar una tasa de crecimiento para proyectar el tráfico actual, esto en un periodo de diseño luego se obtuvo el número de repeticiones por eje equivalente (ESAL s) o W18.

### **CAPÍTULO IV: ESTUDIO GEOTÉCNICO.**

Se analizaron los sondeos manuales sobre la vía a diseñar, con el objetivo de identificar las propiedades físico-mecánicas del suelo, para luego poder clasificar los diferentes estratos existentes, los sondeos fueron realizados hasta una profundidad máxima de 1.50 metros, dicho proceso inicio en la estación **0+000** y finalizó en la estación **0+800**.

Los datos de laboratorio del tramo y de los bancos de materiales fueron facilitados por la alcaldía de Estelí, en colaboración con la firma consultora IDISA (Ingeniería Desarrollo e Inversiones S.A). Los suelos predominantes fueron evaluados según las especificaciones NIC 2000, (Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes).

## **CAPÍTULO V: DISEÑO DE PAVIMENTO.**

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

Los principales valores de las variables para determinar los espesores de la estructura de pavimento articulado fueron: Grado de Confiabilidad, Desviación Estándar, Coeficiente de Drenaje, Capacidad de Servicio Inicial, Capacidad de Servicio Final, Número de Ejes Equivalentes, C.B.R. de Diseño y SN numero estructural.

Conociendo las propiedades del suelo (CBR-Sub Rasante) y las proyecciones del tráfico (ESAL's de diseño), se procedió a calcular los espesores del paquete estructural utilizando los nomogramas de la guía ASSHTO-93 y se finalizó haciendo uso del software WinPAS (1.0.4) para comparar los resultados obtenidos manualmente.

## **CAPÍTULO VI: ESTUDIO HIDROLOGICO Y DISEÑO HIDRAULICO.**

Se identificaron las Micro-cuencas a lo largo de los 800 metros de calles y se separaron en dependencia del tipo de obra de drenaje existente. ya que a lo largo del tramo existen cunetas y badenes todas fueron evaluadas, en base al caudal resultante para cada Micro-cuecas todas las obras de drenaje cumplen con la capacidad hidráulica por lo tanto se conservarán las mismas dimensiones, solamente se le dará mantenimiento a cada una de ellas.

# ÍNDICE

## CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION.....	1
1.2 ANTECEDENTES. ....	3
1.3 JUSTIFICACION. ....	4
1.4 OBJETIVOS. ....	5
1.4.1 Objetivo General. ....	5
1.4.2 Objetivos Específicos. ....	5

## CAPITULO II ESTUDIO TOPOGRÁFICO

2.1 Metodología.....	6
2.2. Equipo topográfico.....	6
2.3. Procedimiento y Desarrollo del estudio topográfico. ....	7
2.3.1. Medición de la poligonal de la línea base. ....	8
2.3.2. Perfil Longitudinal. ....	8
2.3.3. Altimetría. ....	10
2.3.4. Precisión del levantamiento. ....	11
2.3.5. Elaboración de Planos.....	12

## CAPITULO III ESTUDIO DE TRÁNSITO

3.1 Generalidades. ....	13
3.2. Recopilación de datos. ....	13
3.2.1. Tipos de vehículos.....	14
3.2.2. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes. ....	15
3.3. Procesamiento de información. ....	15
3.4. Análisis de la información obtenida.....	15
3.5 Ubicación del punto de Conteo Vehicular. ....	15
3.6 Procesamiento de datos. ....	16
3. 6. 1 Resumen del aforo vehicular. ....	17
3. 7 Composición Vehicular. ....	21
3. 7. 1 Determinación de tasas. ....	21
3. 7. 2 Tasas de crecimiento.....	22
3. 7. 3 Análisis del Producto Interno Bruto (PIB).....	24
3. 7. 4 Análisis de Población (POB).....	24
3. 7. 5 Proyección de tráfico. ....	25
3. 7. 6 Calculo de Proyección de tráfico.....	28
3. 8 Análisis de la información obtenida.....	30
3. 9 Tráfico de diseño (TD).....	30
3. 9. 1 Factor de Crecimiento. ....	31
3. 9. 2 Período de Diseño (PD).....	31
3. 9. 3 Factor Distribución Por Dirección (FD).....	31
3. 9. 4 Factor Distribución Por Carril (FC).....	32
3. 9. 5 El Índice de Serviabilidad Inicial (Po). ....	32
3. 9. 6 El Índice de Serviabilidad Final (Pt).....	33

3. 9. 7 Pérdida de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI).....	33
3. 9. 8 Número Estructural Asumido (SN).....	33
3. 9. 10 Factor de Equivalencia (FESAL).....	33
3. 10 Ejes Equivalentes (ESAL o W18).....	34

## **CAPITULO IV ESTUDIO GEOTÉCNICO**

4.1 Metodología.....	37
4.2. Ensayos de Suelos en Línea.....	37
4.2.1. Resultados de Ensayes a Muestras de Sondeos de Línea.....	38
4.3. Resultados de Ensayes a Muestras de Fuentes de Materiales.....	39
4.3.1. Consideraciones para Elección del Banco a utilizar.....	40
4.4. Banco de Materiales Propuesto para la Capa Base.....	42
4.5. Banco de Materiales Propuesto para la Capa Sub-Base.....	43
4.6. Determinación del CBR de Diseño.....	45
4.6.1. Identificación de la Sub-rasante.....	45

## **CAPITULO V DISEÑO DE PAVIMENTO**

5.1. Generalidades.....	49
5.2. Consideraciones del Diseño AASHTO 93.....	49
5.2.1. Carga de Ejes Simples Equivalentes.....	49
5.2.2. Confiabilidad.....	50
5.2.3. Desviación Estándar.....	51
5.2.4. Serviciabilidad.....	52
5.2.5. Coeficiente de drenaje.....	52
5.2.6. Cálculo del CBR de diseño.....	53
5.2.7. Módulo de Resiliencia (MR).....	53
5.2.8. Coeficientes de capa.....	54
5.2.9. Número Estructural.....	57
5.3. Calculo de Espesores.....	58
5.3.1. Cálculo del espesor de la base (D2) y Sub-base (D3).....	60
5.3.2. Espesores finales de Diseño.....	61
5.4. Uso del programa WinPAS.....	63

## **CAPITULO VI ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO HIDRÁULICO**

6.1. Metodología.....	68
6.1.1. Estudio Hidrológico.....	68
6.1.1.1. Método Racional para Cuencas menores a 300 Hectáreas.....	69
6.2. Diseño Hidráulico.....	89
6.2.1. Coeficiente de Rugosidad (n).....	89
6.2.2. Cunetas.....	89
6.2.3. Badén.....	95
6.2.4. Evaluación de Resultados para Cunetas y Badenes.....	99
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES.....	103
BIBLIOGRAFÍA.....	104

## INDICE DE ANEXOS

### Anexos Capítulo I: Generalidades.

Imagen 41. Macro localización (Departamento –Estelí).....	I
Imagen 42. Micro localización (Barrio Villa Esperanza).....	II
Fotos de la Situación actual del tramo.....	III

### Anexos Capítulo III: Estudio de Tránsito.

Tabla 61. Formato para conteo de Tráfico Vehicular Diurno.....	VI
Tabla 62. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día lunes).....	VI
Tabla 63. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día martes).....	VII
Tabla 64. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día miércoles).....	VII
Tabla 65. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día jueves).....	VIII
Tabla 66. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día viernes).....	VIII
Tabla 67. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día sábado).....	IX
Tabla 68. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día domingo).....	IX
Tabla 69. Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Trafico.....	X
Tabla 70. Factores de Ajustes para (EDC.110 Estelí- Cóndega).....	XI
Tabla 71. Listado Histórico TPDA Estación ECD-110 (Estelí- Cóndega).....	XI
Tabla.72: Indicadores Macro-Económicos.....	XII
Tabla73. Diagrama de cargas permisibles (liviano).....	XII
Tabla 74 .Diagrama de cargas permisibles (Vehículos Pesados).....	XIII
Imagen 43: Representación de cargas por eje (Kips) permisibles.....	XIV
Tabla 75. Factores Equivalentes de Cargas, Simple.....	XV
Tabla 76. Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Tándem.....	XVI

### Anexos Capítulo IV: Estudio de Geotécnico.

Tabla 77. Resultados ensayos de suelos.....	XVII
Tabla 78. Clasificación de suelos, según AASHTO.....	XVIII
Gráfico 40. Estratigrafía del Terreno.....	XIX
Tabla 79. Granulometría Banco de Préstamo No. 1.....	XX
Tabla 80. Ensaye de CBR del Banco de Materiales No. 1 (Muestra al 90,95,100%).....	XXI
Tabla 81. Ensaye de Granulometría Banco de Préstamo No. 2.....	XXII
Tabla 82. Ensaye de CBR del Banco de Materiales No. 2 (Muestra al 90,95,100%).....	XXIII

### Anexos Capítulo VI: Estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico.

Imagen 44. Micro Cuenca Identificada (Mc-2 a Mc-7).....	XXIV
Imagen 45. Micro Cuenca Identificada (Mc-8 a Mc-12).....	XXIV
Imagen 46. Micro Cuenca Identificada (Mc-13 a Mc-15).....	XXV
Imagen 47. Micro Cuenca Identificada (Mc-8 a Mc-12).....	XXV
Imagen 48. Micro Cuenca Identificada (Mc-8 a Mc-12).....	XXVI
GLOSARIO.....	XXVII

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Levantamiento Topográfico.</b>	9
<b>Tabla 2: Precisión del levantamiento.</b>	11
<b>Tabla 3: Tráfico Promedio Diurno Semanal (TPDS).</b>	17
<b>Tabla 4: Dependencia de Estaciones (Estación Sébaco –Epm. San Isidro)</b>	19
<b>Tabla 5: Factores del Tercer Cuatrimestre del Año Septiembre Diciembre.</b>	20
<b>Tabla 6: Tránsito Promedio Diurno, Aplicando Factores de Ajuste.</b>	20
<b>Tabla 7: Registros históricos del PIB, TPDA y Población.</b>	22
<b>Tabla 8: Evolución TPDA de la Estación N°110 (Estelí-Cóndega).</b>	23
<b>Tabla 9: Datos Históricos del PIB.</b>	24
<b>Tabla 10: Datos Históricos del POB.</b>	25
<b>Tabla 11: Correlación TPDA Vs PIB.</b>	25
<b>Tabla 12: Correlación TPDA Vs POB.</b>	27
<b>Tabla 13: Elasticidades Resultantes de las Correlaciones.</b>	29
<b>Tabla 14: Datos Históricos (TPDA, PIB, POB).</b>	29
<b>Tabla 15: Período de Diseño.</b>	31
<b>Tabla 16: Factor de Distribución por Dirección.</b>	32
<b>Tabla 17: Factor Distribución por Carril.</b>	32
<b>Tabla 18: Tránsito de Diseño.</b>	34
<b>Tabla 19: Factores de ejes Kips a Interpolar.</b>	35
<b>Tabla 20: Calculo del Factor ESAL´S Trabajando (SN=5), Po=4.2, Pt=2.0, ΔPSI=2.2.</b>	35
<b>Tabla 21: Cálculo ESAL´S del Carril de Diseño.</b>	36
<b>Tabla 22: Tipos de ensayos para estudio de suelos.</b>	37
<b>Tabla 23: Banco de Materiales Identificados.</b>	39
<b>Tabla 24: Dimensiones de los bancos de materiales.</b>	39
<b>Tabla 25: Características de los Bancos de Materiales.</b>	40
<b>Tabla 26: CBR de los Bancos de Materiales (Próctor Modificado 95%).</b>	40
<b>Tabla 27: Especificaciones de los Materiales para la Sub – Base.</b>	41
<b>Tabla 28: Especificaciones de Materiales Empleados en una Base Granular.</b>	41
<b>Tabla 29: Requisitos graduación de agregados.</b>	42
<b>Tabla 30: Requisitos graduación de agregados.</b>	43
<b>Tabla 31: Requisitos graduación de agregados.</b>	43
<b>Tabla 32: Requisitos Graduación de Agregados.</b>	44
<b>Tabla 33: Especificaciones para Terraplenes y Materiales para Sub-Rasante.</b>	46
<b>Tabla 34: Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de Diseño.</b>	46



<b>Tabla 35: Selección de CBR de Diseño para la Sub-Rasante.</b>	47
<b>Tabla 36: Niveles de Confiabilidad R en Función del Tipo de Carretera.</b>	50
<b>Tabla 37: Valores de Zr en Función de la Confiabilidad R.</b>	51
<b>Tabla 38: Desviación Estándar Dependiendo de las Condiciones de Servicio.</b>	51
<b>Tabla 39: Factores de Serviciabilidad.</b>	52
<b>Tabla 40: Capacidad del Drenaje para Remover la Humedad.</b>	53
<b>Tabla 41: Porcentaje del Tiempo que el Pavimento está Expuesto a Niveles de Humedad</b>	53
<b>Tabla 42: Correlación entre el CBR Y Módulo Resiliente para Sub rasante.</b>	54
<b>Tabla 43: Espesores Mínimos en Función del Tráfico Esperado.</b>	60
<b>Tabla 44: Espesores de Diseño.</b>	61
<b>Tabla 45: Resumen de datos para calcular espesores en el programa WinPAS .....</b>	64
<b>Tabla 46: Características de Micro- cuencas Cunetas.</b>	70
<b>Tabla 47: Características de Micro- cuencas Vados.</b>	71
<b>Tabla 48: Valores de Sc para Cunetas.</b>	72
<b>Tabla 49: Valores de Sc para Vados.</b>	72
<b>Tabla 50: Coeficiente de escorrentía (C).</b>	73
<b>Tabla 51: Datos de Us, Ts y Pt para Cunetas.</b>	74
<b>Tabla 52: Datos de Us, Ts y Pt para Vados.</b>	74
<b>Tabla 53: Valores de Tc para Cunetas.</b>	75
<b>Tabla 54: Valores de Tc para Badén.</b>	76
<b>Tabla 55: Periodo de Retorno (PR) para Cunetas.</b>	77
<b>Tabla 56: Periodo de Retorno (PR) para Vados.</b>	77
<b>Tabla 57: Valores a utilizar de A, d y b.</b>	78
<b>Tabla 58: Intensidades y Caudales de diseño para Cunetas.</b>	78
<b>Tabla 59: Intensidades y Caudales de diseño para Badén.</b>	79
<b>Tabla 60: Coeficientes de rugosidad (n).</b>	89

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Grafico 1 : Comportamiento de Tránsito Diurno Semanal.</b>	<b>18</b>
<b>Grafico 2 : Comportamiento de la Composición del Tránsito Diurno Semanal.</b>	<b>18</b>
<b>Grafico 3 : Composición Vehicular del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).</b>	<b>21</b>
<b>Grafico 4 : Correlación TPDA de la Estación 110 (Estelí –Cóndega).</b>	<b>23</b>
<b>Grafico 5 : Correlación TPDA Vs PIB.</b>	<b>26</b>
<b>Grafico 6 : Correlación LN TPDA Vs LN PIB.</b>	<b>26</b>
<b>Grafico 7 : Correlación TPDA Vs POB.</b>	<b>27</b>
<b>Grafico 8 : Correlación LN TPDA Vs LN POB</b>	<b>28</b>
<b>Grafico 9 : Selección del CBR de Diseño.</b>	<b>48</b>
<b>Grafico 10 : Obtención del Coeficiente estructural <math>a_2</math> y el Módulo Resiliente, para Base Granular</b>	<b>56</b>
<b>Grafico 11 : Obtención del Coeficiente estructural <math>a_3</math> y el Módulo Resiliente, para Sub-Base Granular.</b>	<b>57</b>
<b>Grafico 12 : Obtención del Numero estructural <math>SN_2</math> y <math>SN_3(SN_{requerido})</math>.</b>	<b>59</b>
<b>Grafico 13: Cuneta MC-1.</b>	<b>80</b>
<b>Grafico 14: Cuneta MC-2.</b>	<b>80</b>
<b>Grafico 15: Cunetas MC-3.</b>	<b>80</b>
<b>Grafico 16: Cuneta MC-4.</b>	<b>81</b>
<b>Grafico 17: Cuneta MC-5.</b>	<b>81</b>
<b>Grafico 18: Cuneta MC-6.</b>	<b>81</b>
<b>Grafico 19: Cuneta MC-7.</b>	<b>82</b>
<b>Grafico 20: Cuneta MC-8.</b>	<b>82</b>
<b>Grafico 21: Cunetas MC-9.</b>	<b>82</b>
<b>Grafico 22: Cuneta MC-10.</b>	<b>83</b>
<b>Grafico 23: Cuneta MC-11.</b>	<b>83</b>
<b>Grafico 24: Cuneta MC-12.</b>	<b>83</b>
<b>Grafico 25: Cuneta MC-13.</b>	<b>84</b>
<b>Grafico 26: Cuneta MC-14.</b>	<b>84</b>
<b>Grafico 27: Cuneta MC-15.</b>	<b>84</b>
<b>Grafico 28: Badén MC-16.</b>	<b>85</b>
<b>Grafico 29: Badén MC-17.</b>	<b>85</b>
<b>Grafico 30: Badén MC-18.</b>	<b>85</b>
<b>Grafico 31: Badén MC-19.</b>	<b>86</b>
<b>Grafico 32: Badén MC-20.</b>	<b>86</b>
<b>Grafico 33: Badén MC-21.</b>	<b>86</b>
<b>Grafico 34: Badén MC-22.</b>	<b>87</b>

<b>Grafico 35: Badén MC-23.</b>	<b>87</b>
<b>Grafico 36: Badén MC-24.</b>	<b>87</b>
<b>Grafico 37: Badén MC-25.</b>	<b>88</b>
<b>Grafico 38: Badén MC-26.</b>	<b>88</b>
<b>Grafico 39: Badén MC-27.</b>	<b>88</b>

## **INDICE DE IMÁGENES**

<b>Imagen 1 : Ubicación del punto de conteo vehicular.</b>	<b>16</b>
<b>Imagen 2 : Adoquín típico.</b>	<b>55</b>
<b>Imagen 3 : Estructura de Pavimento Articulado.</b>	<b>62</b>
<b>Imagen 4 : Estructura de pavimento.</b>	<b>62</b>
<b>Imagen 5 : Software de diseño WinPAS.</b>	<b>63</b>
<b>Imagen 6 : Selección del Tipo de Pavimento a diseñar.</b>	<b>64</b>
<b>Imagen 7 : Introducción de Datos en WinPAS.</b>	<b>65</b>
<b>Imagen 8 : Calculo de SN requerido en WinPAS.</b>	<b>65</b>
<b>Imagen 9 : SN requerido.</b>	<b>66</b>
<b>Imagen 10 : Introducción de Layers de Diseño.</b>	<b>66</b>
<b>Imagen 11 : Espesores de Diseño.</b>	<b>67</b>
<b>Imagen 12 : Cuneta SC-1 Est. 0+000-Est 0+148.</b>	<b>90</b>
<b>Imagen 13 : Cuneta SC-2 Est 0+000-Est 0+048.</b>	<b>90</b>
<b>Imagen 14 : Cuneta SC-3 Est 0+052-Est 0+098.</b>	<b>90</b>
<b>Imagen 15 : Cuneta SC-4 Est 0+105-Est 0+148.</b>	<b>91</b>
<b>Imagen 16 : Cuneta SC-5 Est 0+156 - Est 0+217.</b>	<b>91</b>
<b>Imagen 17 : Cuneta SC-6 Est 0+156 - Est 0+200.</b>	<b>91</b>
<b>Imagen 18 : Cuneta SC-7 Est 0+207 - Est 0+217.</b>	<b>92</b>
<b>Imagen 19 : Cuneta SC-8 Est 0+275 - Est 0+380.</b>	<b>92</b>
<b>Imagen 20 : Cuneta SC-9 Est0+276 - Est 0+377.</b>	<b>92</b>
<b>Imagen 21 : Cuneta SC-10 Est0+390 Est 0+537.</b>	<b>93</b>
<b>Imagen 22 : Cuneta SC-11 Est0+388 - Est 0+537.</b>	<b>93</b>
<b>Imagen 23 : Cuneta SC-12 Est0+541 - Est 0+627.</b>	<b>93</b>
<b>Imagen 24 : Cuneta SC-13 Est 0+541 Est 0+623.</b>	<b>94</b>
<b>Imagen 25 : Cuneta SC-14 Est 0+631 - Est 0+800.</b>	<b>94</b>
<b>Imagen 26 : Cuneta SC-15 Est 0+635- Est 0+800.</b>	<b>94</b>
<b>Imagen 27 : Badén MC-16 (Tirante Critico) Est 0+000.</b>	<b>95</b>

<b>Imagen 28 : Badén MC-17 (Tirante Critico) Est 0+051.</b>	<b>95</b>
<b>Imagen 29 : Badén MC-18 (Tirante Critico) Est 0+102.</b>	<b>96</b>
<b>Imagen 30 : Badén MC-19 (Tirante Critico) Est 0+152.</b>	<b>96</b>
<b>Imagen 31 : Badén MC-20 (Tirante Critico) Est 0+205.</b>	<b>96</b>
<b>Imagen 32 : Badén MC-21 (Tirante Critico) Est 0+267.</b>	<b>97</b>
<b>Imagen 33 : Badén MC-22 (Tirante Critico) Est 0+275.</b>	<b>97</b>
<b>Imagen 34 : Badén MC-23 (Tirante Critico) Est 0+385.</b>	<b>97</b>
<b>Imagen 35 : Badén MC-24 (Tirante Critico) Est 0+385.</b>	<b>98</b>
<b>Imagen 36 : Badén MC-25 (Tirante Critico) Est 0+537.</b>	<b>98</b>
<b>Imagen 37 : Badén MC-26 (Tirante Critico) Est 0+631.</b>	<b>98</b>
<b>Imagen 38 : Badén MC-27 (Tirante Critico) Est 0+800.</b>	<b>99</b>
<b>Imagen 39 : Detalle de cuneta Existente en Barrio.</b>	<b>100</b>
<b>Imagen 40 : Detalle de Vado Existente en Barrio.</b>	<b>100</b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA.**



**GENERALIDADES**

**CAPÍTULO I**

## 1.1 INTRODUCCION.

Estelí departamento de Nicaragua, se localiza al norte de la zona central de país se encuentra situado a 144 Km de la capital Managua, tiene una superficie de 2,229.7 km<sup>2</sup>, con una población de 225,127 habitantes, y su densidad 90.38 hab/km<sup>2</sup>, según INIDE el 59% de la población corresponde al área Urbana y 41% al área Rural. Sus coordenadas geográficas son 13°05'00" Norte y 86°21'00"Oeste. **(Ver Anexos Imagen 41, pág. I).**

El Barrio Villa Esperanza se ubica al Este del casco urbano de la ciudad de Estelí, el lugar de inicio del tramo de Proyecto está localizado en las coordenadas geográficas 13°05'17.3"Norte 86°20'44.8"Oeste y finaliza en las coordenadas geográficas 13°05'29.0"Norte 86°20'29.8"Oeste **(Ver Anexos Imagen 42, pág. II).**

Este tramo es una red vial clasificada como colectora suburbana, este es de significativa importancia por encontrarse ahí una serie de Universidades, Escuelas primarias, y fabricas tabacaleras, por lo que es necesario contar con una vía en buen estado en todo tiempo para la movilización de los estudiantes, maestros y población en general que transitan por esta ruta.

Actualmente este tramo se encuentra en mal estado debido a falta de mantenimiento en los últimos 12 años, de esta manera se propone Rehabilitar con la propuesta de diseño de pavimento articulado utilizando adoquín, con el cual se espera que se dé respuesta a la demanda de los pobladores de este Barrio, ya que este proyecto vendría a mejorar la calidad de vida de estos, además de aumentar el nivel de servicio de las calles, lo que implica una disminución de los altos costos de operación del transporte privado y colectivo.

El proyecto beneficiará directamente a los pobladores del Barrio Villa Esperanza y otros Barrios aledaños como lo son los Barrios José Benito, Juana Elena, y Santo Domingo, garantizando así un sistema vial de calidad que traerá el desarrollo socioeconómico del área del proyecto.

La metodología utilizada es el método AASHTO 93, ya que es uno de los más confiables y este considera las cargas a las que está expuesta la estructura de pavimento debido al tráfico que circula por ella, dicho diseño deberá cumplir con los criterios y especificaciones a utilizar en este trabajo.

El diseño cumplirá con los criterios y especificaciones de la NIC-2000, el cual aporta elementos técnicos que se debe de tomar en cuenta para realizar proyectos de construcción con mayor durabilidad especialmente con superficies de rodadura de carreteras, para una mejor seguridad y comodidad de los usuarios.

## 1.2 ANTECEDENTES.

El Barrio Villa de Esperanza del Municipio Estelí, fue fundado a finales del año 1,984, pero no fue hasta principios del año 1,985 que sus calles fueron aperturadas, en el año 1,990 en el periodo de gobierno del alcalde Jorge Ulises Gonzales se realizó el primer mantenimiento de la carpeta de rodamiento realizado por la Alcaldía municipal.

A finales del año 2005 en el período de gobierno municipal del alcalde Pedro Pablo Calderón ante las exigencias de la población de este Barrio, se dispuso a mejorar el estado de este tramo mediante el recarpeteo de la vía, con material selecto.

Luego en abril del año 2007 se realizó la Construcción de obras de drenaje menor para este Barrio, la cual contemplaba la construcción de 2,200 metros lineales de cunetas de concreto, y la construcción de 3 Badenes.

El Barrio cuenta con 280 viviendas, y con una población total de 1,476 habitantes. Actualmente sus calles se encuentran compuesta por una carpeta de rodamiento con material de revestimiento de 20 cm, la cual presenta condiciones de circulación desfavorables, es por eso que en los últimos 7 años ha venido aumentando la necesidad de los usuarios de contar con una vía en mejor estado, debido a que la zona está experimentando un gran avance económico debido al asentamiento de fábricas de cultivo y procesamiento del tabaco.

Con la carencia de un buen revestimiento de este tramo, los pobladores se ven doblemente afectados. Ya que en época de verano debido a la acción del viento y al tráfico vehicular se genera una gran cantidad de polvo, el que ocasiona graves problemas respiratorios, enfermedades diarreicas, dérmicas y oculares, entre otras. En época de invierno a causa de las lluvias aparecen un gran número de fallas, como cárcavas, charcas, baches y un material suelto ocasionando desgaste de la carpeta de revestimiento, dificultando así el flujo libre del transporte, la calidad y comodidad del mismo, y el riesgo de incremento de enfermedades tipo epidemiológicas, para los pobladores debido a la poca salubridad de la vía. **(Ver Anexos Fotos, págs. III, IV, V).**



### 1.3 JUSTIFICACION.

Una comunicación vial adecuada es de vital importancia en el desarrollo de una ciudad, es por ello que en busca de una solución óptima a la problemática de no disponer de una calle adecuada en todo tiempo surge la iniciativa de realizar el diseño de la carpeta de rodamiento con estructura de adoquín para un proyecto de 800 metros lineales de adoquinado.

Según consulta realizada a líderes del Barrio a intervenir, así como algunos pobladores a lo largo de todo el tramo se identifican los siguientes problemas derivados del mal estado de las calles:

- Mal acceso del transporte privado y colectivo en las calles en temporada de invierno.
- Incidencia de enfermedades como la malaria, dengue y otras enfermedades ocasionadas producto de encharcamientos.
- Inundaciones en algunos sectores producto del mal drenaje transversal de las calles del Barrio.
- Incidencias de enfermedades respiratorias en temporada de verano producto del polvo.
- Proliferaciones de agentes transmisores de enfermedades como la mosca y zancudos.

Este trabajo surge por la iniciativa de realizar el diseño de 800 metros de pavimento articulado del Barrio Villa Esperanza, utilizando el método AASHTO 93 ya que es uno de los métodos más confiables y utilizados. Así mismo este trabajo servirá para afianzar los conocimientos teóricos que se adquirieron a lo largo de la carrera y así optar al título de Ingeniero Civil.

## **1.4 OBJETIVOS.**

### **1.4.1 Objetivo General.**

- Diseñar la estructura de pavimento articulado de 800 metros lineales, del Barrio Villa Esperanza, Ubicado en el Municipio de Estelí por el Método de AASHTO 93.

### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

- Realizar un levantamiento topográfico para conocer los niveles, dimensiones de la vía y sus componentes.
- Realizar un estudio de tránsito mediante un conteo vehicular, con la finalidad de calcular el TPDA y así poder estimar las cargas que actuarán sobre la estructura de pavimento.
- Analizar las características físico-mecánicas de los suelos de la vía y de los bancos de materiales, en base a un estudio geotécnico existente del tramo.
- Diseñar la estructura de pavimento articulado considerando el uso de adoquín, aplicando el método de la AASHTO-93 empleando los nomogramas y Software WinPAS (1.0.4).
- Realizar el estudio hidrológico y diseño hidráulico para determinar los caudales máximos de diseño y poder evaluar las obras de drenaje existente.

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA.**



**ESTUDIO TOPOGRÁFICO**  
**CAPÍTULO II**

## 2.1 Metodología.

El levantamiento topográfico fue realizado por el sustentante de este trabajo monográfico, entre los alcances del proyecto comprendió el levantamiento de 800 metros lineales de calles en el Barrio Villa Esperanza. El procedimiento utilizado para el levantamiento fue el método de perfil longitudinal y secciones transversales considerando que es el más adecuado para proyectos de carreteras.

El levantamiento fue realizado en un lapso de 2 días, obteniendo los datos necesarios para conocer las condiciones geométricas en la que se encuentra la vía, para conocer la topografía del terreno en estudio.

## 2.2. Equipo topográfico.

- **Estación Total:** Aparato electrónico electro –óptico utilizado en topografía cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica incorpora el distanciometro y un microprocesador a un teodolito electrónico Leica TS06 alfa numérico, de alta precisión y eficiencia.
- **Prisma:** Modelo tk21 de acero utilizada para captar la señal de una estación total el cual regresa la información a la misma.
- **Bastón:** de aluminio Nls31 telescópico de 2.5 metros.
- **Cinta métrica:** De 50 metros, se utiliza en la medición de distancias tales como el levantamiento de secciones transversales, o hacer el cadenamamiento durante el levantamiento con el teodolito, medir la distancia de un punto que se tomó como referencia cuando se hizo el levantamiento, etc.
- **Chapas:** elemento utilizados para marcar puntos importantes como lo son PI y BMs,
- **Spray:** Roseador de pintura en aerosol color rojo.

### **2.3. Procedimiento y Desarrollo del estudio topográfico.**

**Eje de la carretera:** El eje de la carretera se detalla en la vista en planta del proyecto horizontal que se encuentra en los planos. Este eje está compuesto por alineamientos horizontales rectos, enlazados por alineamientos horizontales curvos. Este eje, se encuentra seccionado partiendo del punto inicial de carretera (Po) cada 20 metros o menos hasta llegar al punto final de carretera (PF).

**Estación 0+000(Po):** El inicio del tramo se encuentra en las siguientes coordenadas **UTM (WGS 84)**.

(UTM): **X =570,915.6956 Y = 1, 446,973.6513**

**Estación 0+800(PF):** El Fin de la carretera se encuentra en las siguientes coordenadas **UTM (WGS 84)**.

(UTM): **X =571,399.0936 Y = 1,447,386.9306**

Para lograr esto se requirió definir la forma dimensional del terreno, lo cual se logró levantando una poligonal abierta a lo largo del eje central de la carretera (en una vía se refiere a la línea que separa los sentidos de circulación). Se debió brindar la localización topográfica o detalles de interés, tales como:

- Tendido eléctrico.
- Tendido telefónico.
- Drenaje de aguas servidas o pluviales.
- Red de agua potable.
- Pozos de visita y tragantes de agua pluvial existente.
- Localización de derecho de vía.
- Mojones, BMs.
- Puntos de referencia (arboles de gran tamaño, arroyos, cauces, etc.).
- Vías de acceso.
- Construcciones existentes.

### **2.3.1. medición de la poligonal de la línea base.**

Se utilizó el Método Tradicional, que comprendió el Levantamiento de la Poligonal Base a partir del sistema tradicional haciendo uso de plomada de topografía, prisma reflector y bastón sobre portaprisma, etc. Haciendo uso de esta metodología se puede alcanzar una Precisión menor a  $1 / 3,000$ , el cual es un valor aceptable.

### **2.3.2. Perfil Longitudinal.**

Es la proyección del eje real de la vía sobre una superficie vertical paralela a la misma. Debido a este paralelismo, dicha proyección mostrara la longitud real del eje de la vía. A este eje también se lo denomina rasante.

Se procedió a descargar los datos al computador para procesar la información obtenida en campo que nos permitió conocer las características topográficas de las calles y Avenidas del Barrio en estudio.

A partir del perfil del terreno natural denotado con una línea Verde, se propuso el nuevo eje proyecto (Rasante), denotado con una línea Roja, esto implico tener en cuenta consideraciones como los son conservar en todo lo posible la trayectoria de la geometría Planialtimétrica existente del tramo actual, procurar en todo lo evitar la proyección de obras de movimiento de tierra de grandes magnitudes (excavaciones y/o terraplenes) que conlleven a generar una deformación notoria en el aspecto paisajístico y en el medio ambiente en general de la vía, Incidencias del aspecto Geométrico Vial, Hidrotécnico, Geotécnico y Económico en la ejecución del Proyecto. En estos perfiles Longitudinales se indican las cotas del terreno y rasante, las obras de drenaje menor existentes y pendientes variables a lo largo del eje del proyecto. **(Ver Anexos, Planos, Hoja 3-7).**

A continuación, se presentan los resultados del levantamiento topográfico para el Proyecto **“Diseño de 800 metros lineales de pavimento articulado del Barrio Villa Esperanza, Ubicado en el Municipio de Estelí”.**

**Tabla 1: Levantamiento Topográfico.**

EST	PV	Long	Rumbo	Coordenadas UTM (WGS 84)	
				X	Y
0+000		0.000		570,915.6956	1,446,973.6513
0+000	0+020	20.039	S 76°39'52.6" E	570,935.1943	1,446,969.0293
0+020	0+040	19.979	S 76°41'54.1" E	570,954.6374	1,446,964.4325
0+040	0+051	10.959	S 76°18'48.4" E	570,965.2848	1,446,961.8396
0+051	0+060	20.248	S 74°21'32.3" E	570,984.7835	1,446,956.3805
0+060	0+080	20.263	S 74°12'55.4" E	571,004.2821	1,446,950.8686
0+080	0+102.5	22.514	S 73°34'28.2" E	571,025.8774	1,446,944.5023
0+102.5	0+120	17.466	S 72°09'00.3" E	571,042.5031	1,446,939.1484
0+120	0+140	20.154	S 72°36'42.4" E	571,061.7358	1,446,933.1256
0+140	0+152.5	12.467	S 69°13'20.2" E	571,073.3916	1,446,928.7031
0+152.5	0+156.6	4.126	N 22°03'47.0" E	571,074.9414	1,446,954.3050
0+156.6	0+180	23.374	N 21°17'50.5" E	571,090.6860	1,446,972.9428
0+180	0+200	20.000	N 21°16'08.0" E	571,092.6624	1,446,978.0200
0+200	0+205.45	5.448	N 21°16'08.0" E	571,098.7580	1,446,991.2415
0+205.45	0+220	14.559	N 24°45'05.6" E	571,106.8300	1,447,009.5402
0+220	0+240	20.000	N 23°48'12.2" E	571,114.9804	1,447,027.8041
0+240	0+260	20.000	N 24°02'57.2" E	571,120.2192	1,447,038.4121
0+260	0+271.8	11.831	N 26°16'57.3" E	571,122.0985	1,447,041.4920
0+271.8	0+275.4	3.608	N 31°23'27.0" E	571,124.2079	1,447,045.5483
0+275.4	0+280	4.572	N 27°28'32.6" E	571,132.5541	1,447,063.7235
0+280	0+300	20.000	N 24°39'53.9" E	571,142.0372	1,447,081.3324
0+300	0+320	20.000	N 28°18'15.9" E	571,151.9987	1,447,098.6747
0+320	0+340	20.000	N 29°52'23.1" E	571,162.3480	1,447,115.7786
0+340	0+360	19.991	N 31°10'39.1" E	571,173.3409	1,447,132.4880
0+360	0+380	20.001	N 33°20'25.3" E	571,176.1490	1,447,136.8044
0+380	0+385.15	5.149	N 33°02'46.6" E	571,183.9991	1,447,149.4114
0+385.15	0+400	14.851	N 31°54'35.4" E	571,194.6627	1,447,166.3315
0+400	0+420	20.000	N 32°13'13.7" E	571,205.3098	1,447,183.2511
0+420	0+440	19.991	N 32°10'51.7" E	571,215.9896	1,447,200.2089
0+440	0+460	20.041	N 32°12'08.3" E	571,227.0120	1,447,216.9035
0+460	0+480	20.005	N 33°26'03.7" E	571,238.1724	1,447,233.4516
0+480	0+500	19.960	N 33°59'48.0" E	571,249.3238	1,447,250.0542
0+500	0+520	20.000	N 33°53'16.2" E	571,258.9173	1,447,264.3374
0+520	0+537.2	17.206	N 33°53'16.0" E	571,259.7323	1,447,268.4192
0+537.2	0+541.4	4.162	N 11°17'30.7" E	571,277.6802	1,447,263.4287
0+541.4	0+560	18.629	S 74°27'39.6" E	571,296.9512	1,447,258.0782
0+560	0+580	20.000	S 74°28'58.3" E	571,316.2287	1,447,252.7662
0+580	0+600	19.996	S 74°35'39.6" E	571,326.2031	1,447,250.7433
0+600	0+620	20.000	S 74°10'58.9" E	571,330.4011	1,447,246.3115
0+620	0+627.5	7.519	S 73°51'35.4" E	571,335.4714	1,447,247.3149
0+627.5	0+631	3.582	N 18°18'16.4" E	571,342.6943	1,447,245.2247
0+631	0+640	8.927	N 21°47'40.9" E	571,343.8193	1,447,248.6255
0+640	0+660	20.000	N 21°44'56.6" E	571,347.1338	1,447,256.9146
0+660	0+680	20.008	N 21°50'31.8" E	571,354.5447	1,447,275.4909
0+680	0+700	20.006	N 21°44'47.3" E	571,361.9887	1,447,294.0627
0+700	0+720	20.000	N 21°56'02.9" E	571,369.4011	1,447,312.6453
0+720	0+740	20.000	N 21°40'25.0" E	571,376.8719	1,447,331.1976
0+740	0+760	20.000	N 21°57'52.8" E	571,384.2583	1,447,349.7836
0+760	0+780	20.000	N 21°34'32.9" E	571,391.7390	1,447,368.3319
0+780	0+800	20.144	N 22°01'24.2" E	571,399.0936	1,447,386.9306
0+800		800.144			

Fuente: Elaborado por Sustentante.

### 2.3.3. Altimetría.

#### · **Curvas de nivel**

Se determinaron las elevaciones de todos los puntos en todo el tramo en estudio, estos fueron procesados en el software AutoCAD- Civil cad 2017, permitiéndonos conocer el tipo de relieve de la vía existente y que servirá de apoyo para el diseño de las obras de drenajes.

#### · **Pendientes**

El valor del bombeo que predomina en el tramo en estudio es de **4%** determinado a partir del levantamiento topográfico. El camino es relativamente plano ya que predominan pendientes menores a **5%**.

La pendiente máxima de este tramo de calle es de **2.00%** y se encuentra en los 0+385.15 y el estacionamiento 0+520.

La pendiente mínima es de **0.43%** y se encuentra en los estacionamientos 0+000 y el estacionamiento 0+152.5.

#### **Levantamiento de las Obras de drenaje.**

Se realizó el levantamiento a cada una de las obras de drenaje que están en el tramo en estudio, en este caso el tramo cuenta en su totalidad con cunetas a ambas bandas y un total de 13 badenes, a continuación, se presentan las estaciones en las que están ubicados:

- **Baden 1:** Est 0+000
- **Baden 2:** Est 0+051
- **Baden 3:** Est 0+102
- **Baden 4:** Est 0+152
- **Baden 5:** Est 0+156
- **Baden 6:** Est 0+205
- **Baden 7:** Est 0+267
- **Baden 8:** Est 0+275
- **Baden 9 y 10:** Est 0+385 (ambas bandas)
- **Baden 11:** Est 0+537
- **Baden 12:** Est 0+631
- **Baden 13:** Est 0+800



Se determinaron también las diferencias de niveles y las pendientes. Esto sirvió como aporte para determinar el caudal hidráulico y posteriormente evaluar si tienen la capacidad hidráulica, de no ser así se propondrán nuevas dimensiones.

#### 2.3.4. Precisión del levantamiento.

En lo que respecta a la precisión de los levantamientos, lineal y angularmente se obtuvieron valores resultantes de errores en las proyecciones, de los circuitos de conformidad a lo que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2: Precisión del levantamiento.**

Circuito N°	Error en las Proyecciones Este – Norte.		Error Lineal	Error Angular
	Proyección Ex	Proyección Ny	Resultante Exy	Ea. (Seg).
800 meros	-0.162	0.584	0.606	5"

*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

Se utilizó el formato “Número Norte Este Elevación Descripción” descargado de la estación total para la verificación de la configuración y alineamiento del terreno.

➤ **Verificación del Control Horizontal:** Para verificar la precisión del control horizontal se aplicó la siguiente metodología:

La Georreferenciación con GPS manual del tipo NAVEGADOR, con un período de tiempo estacionario corresponden al sistema (**UTM WGS84**), por lo tanto, las mediciones realizadas con Estación Total (**Leica TS06**), difieren en longitud a las realizadas con GPS manual.

Esto es debido a que los sistemas escalados, como su nombre lo indica, han proyectado la superficie de la tierra a cierta escala para poder elaborar los planos (planos geodésicos), utilizados en Ingeniería Civil u otras disciplinas.

### 2.3.5. Elaboración de Planos.

La información del levantamiento topográfico fue utilizada para elaborar los planos finales de construcción en hojas planta - perfil los cuales muestran la línea central, límites de derecho de vía, referencias de línea central, BM's y sus referencias, el perfil longitudinal secciones transversales y el anteproyecto de la rasante a continuación se presentan las coordenadas (UTM WGS84) de los cinco BM's.

- **Bm 1:** Est 0+000      **X=** 570,918.92    **Y=**1,446,978.38    **Z=**846.92
- **Bm 2:** Est 0+051      **X=** 571, 167.10    **Y=**1,446,905.64    **Z=**847.44
- **Bm 3:** Est 0+102      **X=** 571, 202.65    **Y=**1,447,092.58    **Z=**846.78
- **Bm 4:** Est 0+152      **X=** 571,247.60    **Y=**1,447.247.80    **Z=**843.55
- **Bm 5:** Est 0+156      **X=** 571, 342.67    **Y=**1,447,244.15    **Z=**843.68

En el juego de planos constructivos se incluyen, además, hojas que contienen detalles constructivos de drenaje, tales como cunetas tipo caite y badenes. Todo ello fue editado en el software ACAD 2017.

Las escalas usadas en el dibujo de los perfiles longitudinales. Los planos fueron dibujados a escala **1:1000** y **1:100** en sentido horizontal y vertical respectivamente.

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA.**



**ESTUDIO DE TRÁNSITO**  
**CAPÍTULO III**

### **3.1 Generalidades.**

En este capítulo se realizó la proyección del tránsito actual de la vía, donde se proyectaron los niveles de servicio, que deberá ofrecer el tramo en análisis, para su período de diseño, el tránsito posiblemente es la variable más importante para el diseño de una vía, pues si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento para poder calcular los espesores de pavimento.

Para la elaboración de este capítulo se dividió en las siguientes etapas:

### **3.2. Recopilación de datos.**

Se realizó por medio de Conteos Vehicular, que consiste en medir el volumen de tráfico que transita durante un período de tiempo equivalente a 12 horas diurnas. La recolección de datos se realizó durante 7 días consecutivos, una semana, en las fechas del 18 de octubre hasta el 24 de octubre del año 2017, entre las 06:00 horas y las 18:00 horas, a fin de evaluar las condiciones de tráfico normales, basándonos para esto en la Tipología y Descripción Vehicular que brinda la Revista Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte 2016. Para realizar el aforo, se utilizó el Formato mostrado en el **Anexo, Tabla 61, pág. VI.**

Los datos de Tráfico Promedio Diario Anual, (TPDA) así como los factores de ajuste estacional, el número promedio de ejes y otros parámetros, serán obtenidos de los datos de campo y de los cálculos de gabinete, la estación de Conteo Vehicular fue ubicada en una zona con adecuada visibilidad y con amplitud en los hombros, logrando captar el cien por ciento de los vehículos en ambos sentidos de la vía. Los resultados del Conteo y Clasificación por Día (12.0 horas), del tramo en estudio se muestran en el siguiente anexo. **(Ver Anexo, Tablas 62 a 68, págs. VI a IX).**

### **3.2.1. Tipos de vehículos.**

Para el levantamiento de la información de campo es necesario tener en cuenta las características de los vehículos, en nuestro país actualmente hay una gran variedad de vehículos, en total el MTI presenta una clasificación vehicular compuesta por 17 tipos de vehículos, por lo que es conveniente agruparlos en cuatro categorías. **(Ver Anexo, Tabla 69, pág. X).**

#### **3.2.1.1. Motocicletas.**

Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados, en esta categoría incluyen scooter, motonetas, motonetas y otros triciclos a motor.

#### **3.2.1.2. Vehículos Livianos.**

Son los vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, los Automóviles, Camionetas, Pick – Ups y Jeep.

#### **3.2.1.3. Vehículos Pesados de Pasajeros.**

Son los vehículos destinados al Transporte Público de Pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los Microbuses Pequeños (hasta 15 Pasajeros) y Microbuses Medianos (hasta 25 pasajeros) y los Buses medianos y grandes.

#### **3.2.1.4. Vehículos Pesados de Carga.**

Son vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2) mayores o iguales de tres Toneladas, los camiones de tres ejes (C3), los camiones combinados con remolque del tipo (C2R2), los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3) y otros tipos de vehículos especiales, presenta la Tipología y Descripción Vehicular.

### **3.2.2. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.**

La diversidad de vehículos que circulan sobre un pavimento durante su periodo de diseño, trae como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes distancias entre ejes, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura. Se ha clasificado el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en el Diagrama de Cargas Permisibles. **(Ver Anexo, Tablas 73 y 74, pág. XII y XIII).**

### **3.3. Procesamiento de información.**

Es la etapa de trabajo de gabinete en la cual procesamos toda la información obtenida de los conteos mediante el Software Microsoft Excel, esto con el fin de obtener los mejores resultados, basándonos para esto en la Revista Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte 2016.

### **3.4. Análisis de la información obtenida.**

En este proceso se usó los criterios basándonos en la (Guía AASHTO- 93) para comprender de una mejor manera los resultados obtenidos

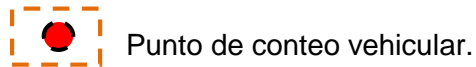
### **3.5 Ubicación del punto de Conteo Vehicular.**

Se decidió escoger una sola estación de conteo vehicular la cual se ubicó al inicio del tramo, en la Est: 0+000, con las coordenadas geográficas 13°07'19.4" N, 86°21'44.7" O, a fin de ejecutar los conteos de volumen del tráfico que circulan a lo largo del tramo, La estación de conteo se ubicó en un lugar estratégico, que permitiera captar el 100% de los vehículos en ambos sentidos de la vía **(Ver Imagen-1, pág. 16).**

Imagen 1 : Ubicación del punto de conteo vehicular.



Fuente: Google Earth.



Se realizó un conteo de 7 días de duración, comenzando la actividad a partir del día lunes 18 de octubre, y concluyendo esta actividad el día Domingo 24 de octubre año 2017, realizando un conteo y clasificación vehicular de 12.0 horas diurnas.

### 3.6 Procesamiento de datos.

La tabulación de la información corresponde directamente al trabajo de gabinete, luego de haberse realizado el trabajo de campo, siendo esta procesada en el Software Microsoft Excel, mediante hojas de cálculo. De la información recogida de los conteos, se obtuvo el volumen de tráfico en el tramo de estudio del Barrio Villa Esperanza -Estelí, por día y tipo de vehículo.

En la **Tabla 3**, se muestran los Conteos de Tránsito Diurno, Composición Vehicular; así como el promedio del período de evaluación en consolidado para ambos sentidos del tramo en estudio.

### 3. 6. 1 Resumen del aforo vehicular.

Para obtener resultados adecuados, se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circularan en ambas direcciones de la estación de conteo y clasificación vehicular.

Para obtener el Tráfico Promedio Diurno Semanal (TPDiS) fue necesario aplicar la **ecuación1**:

$$\text{TPDiS} = \frac{\text{TotalDiurnoSemanal}}{7\text{días}} \quad \text{Ec.1.}$$

**Tabla 3: Tráfico Promedio Diurno Semanal (TPDiS).**

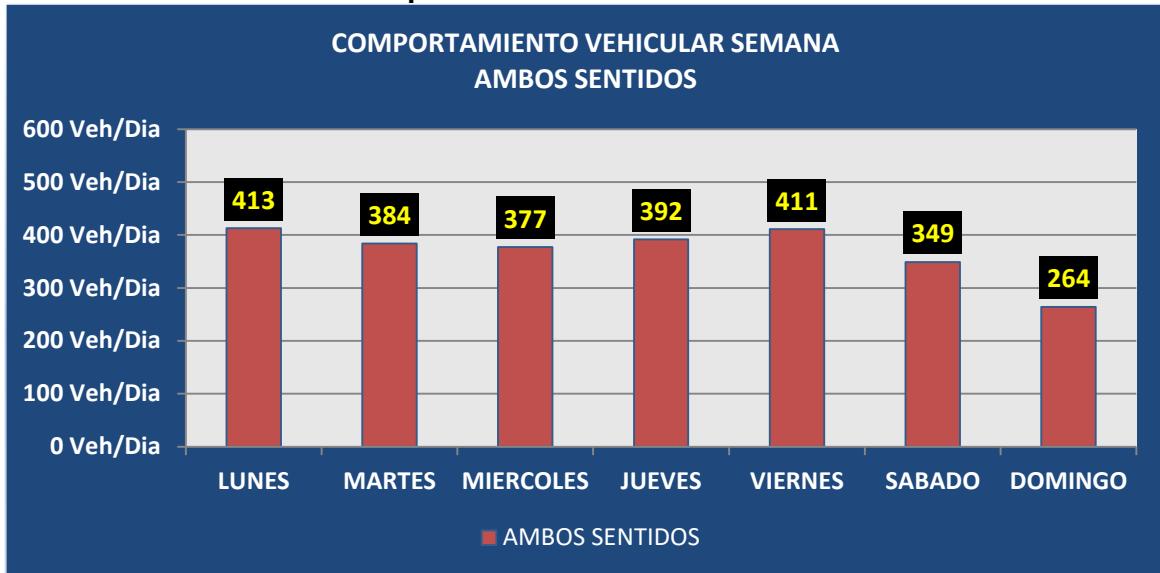
ESTACIÓN: (0+000) INICIO DEL TRAMO (ambos sentidos).												
TIPO DE VEH.	VEHÍCULOS LIVIANOS				PESADOS DE PASAJEROS			PESADOS DE CARGA				TOTAL
Día	Motos	Auto	Jeep	Cta.	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	Otros	
Lunes	144	49	22	97	5	8	24	26	32	2	4	413
Martes	130	67	21	92	4	8	24	12	17	6	3	384
Miércoles	136	58	22	83	4	8	24	10	22	7	3	377
Jueves	148	55	23	78	3	8	24	31	15	5	2	392
Viernes	144	45	25	97	3	8	24	24	32	6	3	411
Sábado	124	55	28	85	1	2	24	17	8	3	2	349
Domingo	114	49	26	60	1	0	0	6	6	1	1	264
Total Diurno	940	378	167	592	21	42	144	126	132	30	18	2590
TPDiS (Veh/12 horas)	134	54	24	85	3	6	21	18	19	4	3	370

*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

Al finalizar el conteo de 7 días consecutivo durante 12 horas en la Est 0+000 (Inicio del tramo) y posterior realizar el consolidado en Microsoft Excel pudimos tener una perspectiva bastante clara de cómo se comporta el tránsito a lo largo de los días en el tramo de estudio, para luego calcular el Tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDiS) en base a la ecuación 1, dándonos un valor de total de **370** vehículos por 12 horas, tal como se muestra en la **Tabla 3**.

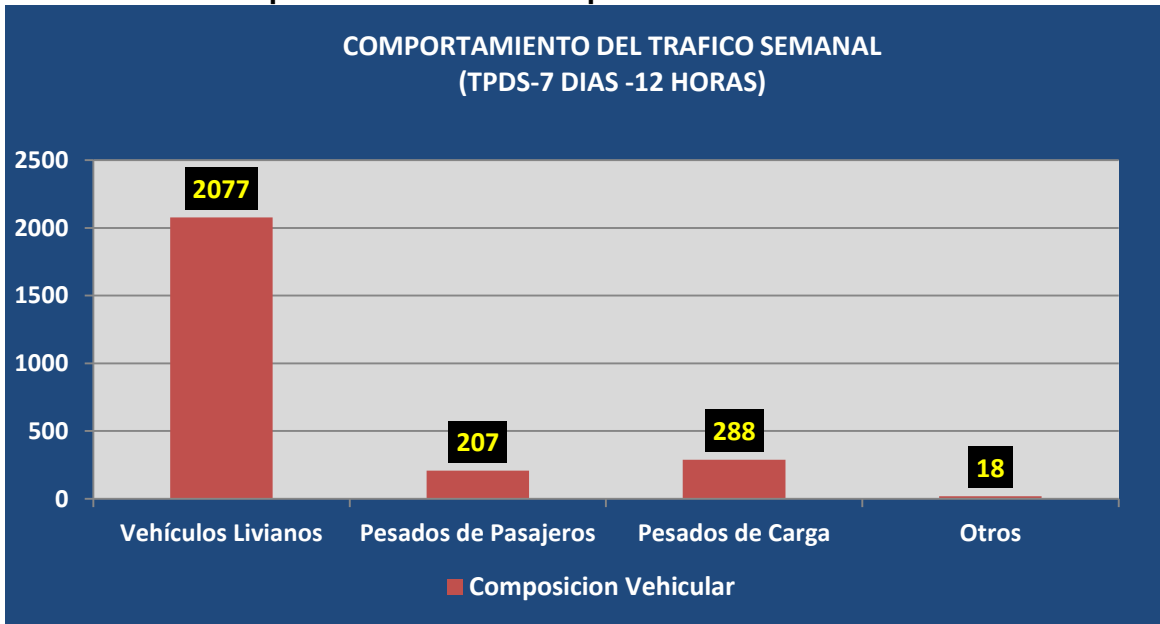


**Gráfico 1 : Comportamiento de Tránsito Diurno Semanal.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Gráfico 2 : Comportamiento de la Composición del Tránsito Diurno Semanal.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

En el **Gráfico-1** se muestra el comportamiento del tránsito vehicular donde se aprecia que los días de mayor demanda son los días viernes, lunes y jueves , luego tenemos días de menor demanda, que son domingo y sábado. El resto de días mantienen un tránsito bastante estable de vehículos.

En el **Gráfico-2** podemos observar claramente, el comportamiento del tránsito Diurno Semanal con respecto a su composición vehicular, predominando en este caso los Vehículos Livianos, seguido de los vehículos pesados de carga luego los vehículos de pasajero, y menor cantidad otros.

Para obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) fue necesario usar factores de ajustes diarios, obtenidos del anuario estadístico del MTI del año 2016, publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura –DAV, Para expandir (TPDiS a TPDA), se identificó la Estación de Corta Duración N°110 (ECD Estelí -Cóndega) al tramo de estudio y su dependencia la Estación N°107 (EMC -107).

La expansión de Tránsito Promedio Diurno de 12.0 horas (TPDiS), se realizó en base a factores de ajustes, estos factores se aplican para estaciones (ECD o ECS) que dependen de la estación de mayor cobertura (EMC-107), en este caso se aplicaron para la estación de corta duración Estelí–Cóndega ECD 110, con la cual trabajaremos ya que su dependencia corresponde a la estación de mayor cobertura Empalme Sébaco San Isidro EMC-107, se debe de conocer que los factores de ajuste de la estación de mayor cobertura son nulos, ya que sus conteos son de 24 horas durante una semana, cada tres cuatrimestres del año, por lo que los factores que presenta es para las estaciones que dependen de ella (**Ver Tabla 4 a continuación**).

**Tabla 4: Dependencia de Estaciones (Estación Sébaco –Epm. San Isidro)**

ESTACIÓN DE MAYOR COBERTURA	NIC	N° ESTACIÓN	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO
107 Sébaco -Emp. San Isidro	NIC-1	108	ECD	119.5	Emp. San Isidro – La Trinidad
	NIC-1	109	ECD	129.1	La Trinidad -Emp. San Nicolás
	NIC-1	142	ECD	140.0	Emp. San Nicolas -Estelí
	NIC-1	110	ECD	152.1	Estelí -Condega
	NIC-1	111	ECD	187.3	Condenga -Shell Palacaguina
	NIC-1	114	ECD	199.5	Shell Palacaguina -Emp. Palacaguina
	NIC-4	405	ECD	65.0	Emp. Guanacaste -Emp. Nandaime

*Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2016).*

**Tabla 5: Factores del Tercer Cuatrimestre del Año Sept- Dic Estación 107 EMC.**

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre											
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Otros
Factor Día	1.24	1.32	1.25	1.27	1.30	1.22	1.21	1.33	1.48	1.31	1.29
Factor Semana	1.02	1.03	1.03	0.96	0.95	1.20	0.98	0.90	0.89	0.91	1.03
Factor Fin de Semana	0.96	0.94	0.93	1.11	1.14	0.71	1.07	1.38	1.42	1.32	0.94
Factor Expansión a TPDA	0.89	0.98	0.99	0.96	0.93	0.87	0.98	0.96	0.92	0.80	1.02

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2016).

Para expandir nuestro TPDiS, solo fue necesario utilizar el factor día y factor expansión ya que el conteo de aforo se realizó durante 7 días consecutivos.

Para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual se utilizó la **ecuación 2**:

$$TPDA = TPDiS_{12H} * FD * FE \quad \text{Ec.2.}$$

**Dónde:**

**TPDiS<sub>12</sub>**: Tráfico promedio Diurno 12 horas.

**FD**: Factor Día.

**FE**: Factor Expansión a TPDA.

**Tabla 6: Tránsito Promedio Diurno, Aplicando Factores de Ajuste.**

FACTOR / TIPO DE VEHÍCULO	ESTACIÓN: (0+000) INICIO DEL TRAMO.											TOTAL
	VEHÍCULOS LIVIANOS				PESADOS DE PASAJEROS			PESADOS DE CARGA				
	Moto	Auto	Jeep	Cta.	M bus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	Otro	
TPDiS 12 hrs	134	54	24	85	3	6	21	18	19	4	3	370
FACTOR DIA	1.24	1.32	1.25	1.27	1.3	1.22	1.21	1.33	1.48	1.31	1.29	
FACTOR EXPANSION	0.89	0.98	0.99	0.96	0.93	0.87	0.98	0.96	0.92	0.80	1.02	
TPDA	149	70	30	104	4	7	25	23	26	5	4	447
INVERNO												
% TPDA	33.3%	15.7%	7%	23.3%	0.9%	1.6%	5.6%	5.1%	5.8%	1.1%	0.9%	100%
% TPDA VEHÍCULOS LIVIANOS											78.97%	
%TPDA VEHÍCULOS DE PASAJEROS											8.05%	
%TPDA VEHÍCULOS PESADOS											12.08%	
%TPDA VEHÍCULOS OTROS											0.9%	

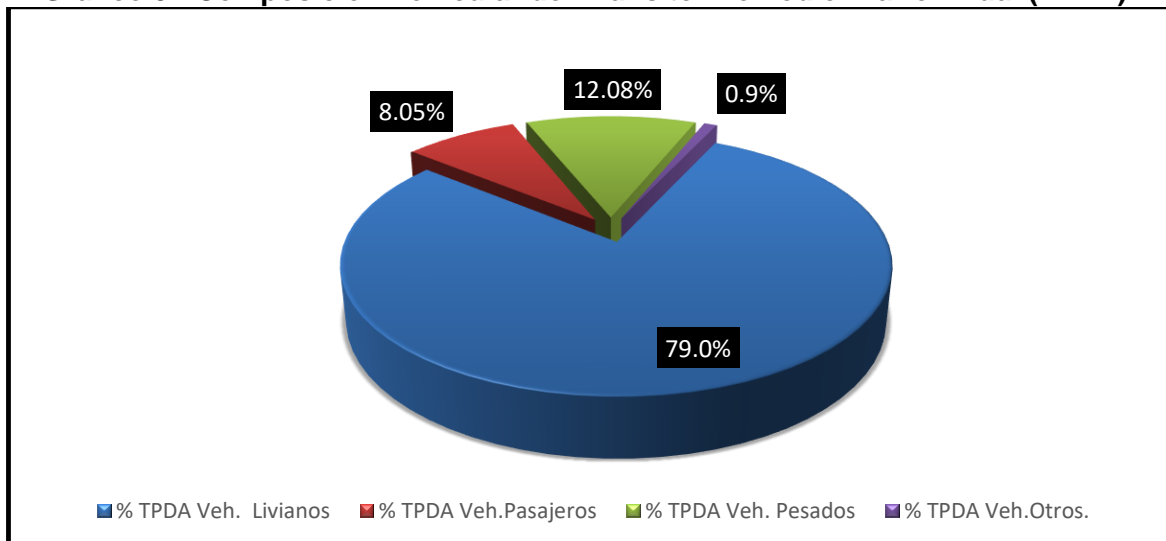
Fuente: Elaborado por Sustentante.

El cálculo para el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) correspondiente al tramo de estudio resulta de **TPDA 2017= 447** vehículos por día (vpd).

### 3. 7 Composición Vehicular.

A partir de los resultados de clasificación vehicular de campo, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra la cual está conformada de la siguiente manera obteniendo una composición vehicular de: vehículos livianos **79%**, vehículos pesados **12.08%**, de vehículos de pasajeros **8.05%**, y otros vehículos **0.90%**. (Ver el siguiente Gráfico 3 a continuación)

**Gráfico 3 : Composición Vehicular del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

#### 3. 7. 1 Determinación de tasas.

Para determinar las tasas de crecimiento para el tráfico vehicular futuro para el tramo de calles en el Barrio Villa Esperanza, se realizaron correlaciones entre los registros históricos del tránsito promedio diario anual "TPDA- ECD.110" y el producto interno bruto "PIB", así como con la población, a fin de estimar una tasa diferenciada de crecimiento basado en datos históricos. Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del Producto interno Bruto (PIB) de los últimos 13 años (Ver **Tabla 7 Pág. 22**), donde se aprecia el comportamiento histórico del PIB, desde el año 2004 al año 2016.

**Tabla 7: Registros históricos del PIB, TPDA y Población.**

<b>AÑO</b>	<b>TPDA</b>	<b>PIB (Miles \$)</b>	<b>POB(miles)</b>
2004	2195	5796	5380.5
2005		6321	5450.4
2006		6786	5638.0
2007	2334	7458	5707.9
2008	2508	8491	5778.8
2009		8381	5850.5
2010	2574	8741	5923.1
2011		9756	5996.6
2012	2629	10533	6071.0
2013		10983	6134.3
2014		11880	6198.2
2015	4294	12748	6262.7
2016	4537	13230	6327.9

*Fuente: Informe del Banco Central de Nicaragua (año 2016).*

### **3. 7. 2 Tasas de crecimiento.**

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo u otras vías de naturaleza similar o que están cercanas al tramo en estudio. Para el presente tramo de adoquinado en el Barrio Villa Esperanza -Estelí, se utilizaron los datos históricos del tránsito promedio diario anual “TPDA” de la Estación N°110 de corta duración (ECD Estelí – Cóndega), por ser la más cercana al tramo. **(Ver Anexos, Tabla 71 pág. XXI)**

En los registros de la estación N°110 ECD (Estelí-Cóndega), podemos observar crecimientos moderados en relación a los siguientes años, hasta llegar al 2016 que se encuentra con una TPDA mucho mayor a los anteriores, elevando su tasa de crecimiento en un 5.66% con relación al año (2010-2012), también se muestra que algunos años no poseen registros por lo cual se realizara una correlación de las variables para saber si estos datos son confiables **(Ver Tabla 8, pág.23)**

Las tasas de crecimiento interanual se calcularon usando la **ecuación 3:**

$$TC = \left[ \left( \frac{Año_n}{Año_{n-1}} \right) - 1 \right] * 100 \quad \text{Ec.3.}$$

**Dónde:**

**TC:** Tasa de crecimiento.

**Año n:** Año actual.

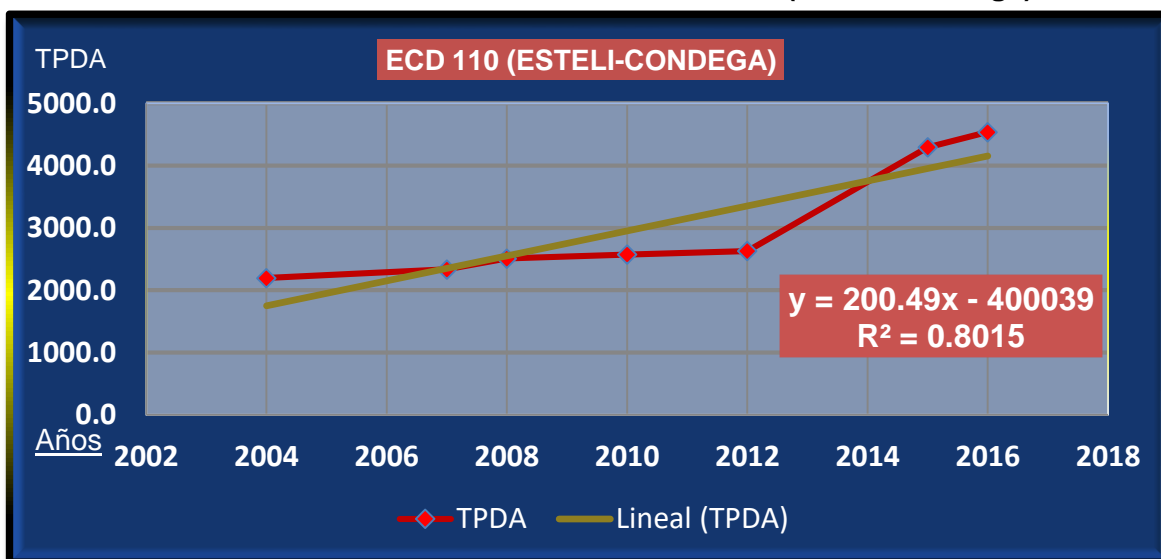
**Año n- 1:** Año anterior.

**Tabla 8: Evolución TPDA de la Estación N°110 (Estelí-Cóndega).**

AÑO	TPDA	TCA
2004	2195.0	
2005	-	-
2006	-	-
2007	2334.0	6.33%
2008	2508.0	7.46%
2009	-	-
2010	2574.0	2.63%
2012	2629.0	2.14%
2015	4294.0	63.33%
2016	4537.0	5.66%
Promedio	3,010	14.6%

*Fuente: Revista Anuario de Aforo 2016,MTI- DAV).*

**Gráfico 4 : Correlación TPDA de la Estación 110 (Estelí –Cóndega).**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

La correlacion de las variables de la estacion Esteli – condega ECD-110 , da como resultado un coeficiente de determinacion  $R^2=0.8015$ , lo cual representa un valor bastante confiable con respecto a sus variables ya que este se encuentra por encima de 0.75, por lo que se trabajara con dicha estacion para el calculo de las tasas de crecimiento.

### 3. 7. 3 Análisis del Producto Interno Bruto (PIB).

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del PIB de los últimos 13 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2004 al año 2016. El PIB promedio de 9,316 Millones de dólares, con una tasa de crecimiento promedio de 7.19%. **(Ver Tabla – 9 a continuación)**

**Tabla 9: Datos Históricos del PIB.**

AÑO	PIB/Millones	T.C
2004	5796	
2005	6321	9.06%
2006	6786	7.36%
2007	7458	9.90%
2008	8491	13.85%
2009	8381	-1.30%
2010	8741	4.30%
2011	9756	11.60%
2012	10533	7.96%
2013	10983	4.28%
2014	11880	8.17%
2015	12748	7.30%
2016	13230	3.78%
<b>Promedio</b>	<b>9,316</b>	<b>7.19%</b>

*Fuente: Banco Central –Indicadores Económicos 2016.*

### 3. 7. 4 Análisis de Población (POB).

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del POB de los últimos 13 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2004 al año 2016, la POB promedio es de 5,901.5Miles de habitantes, con una tasa de crecimiento promedio de 1.36%. A continuación, ver **Tabla 10:**

**Tabla 10: Datos Históricos del POB.**

AÑO	POB/Miles	T.C
2004	5380.5	
2005	5450.4	1.30%
2006	5638.0	3.44%
2007	5707.9	1.24%
2008	5778.8	1.24%
2009	5850.5	1.24%
2010	5923.1	1.24%
2011	5996.6	1.24%
2012	6071.0	1.24%
2013	6134.3	1.04%
2014	6198.2	1.04%
2015	6262.7	1.04%
2016	6327.9	1.04%
Promedio	<b>5,901.5</b>	<b>1.36%</b>

*Fuente: Banco Central – Indicadores Económicos 2016.*

### 3. 7. 5 Proyección de tráfico.

El cuadro siguiente, presenta el comportamiento del Producto Interno Bruto (PIB), de los últimos 13 años (período 2004 – 2016), y posterior se muestra la representación gráfica con la ecuación de correlación del TPDA de la Estación Estelí-Cóndega (ECD-110), con el Producto Interno Bruto, una vez que se realizó la correlación se procede a realizar una segunda aplicando logaritmo natural.

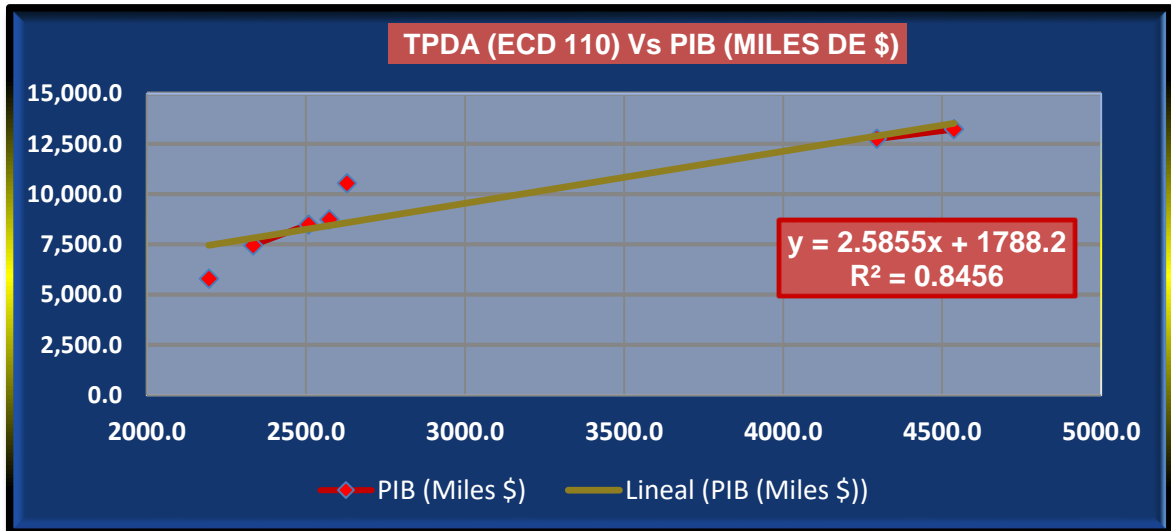
**Tabla 11: Correlación TPDA Vs PIB.**

AÑO	TPDA vs PIB		LN TPDA vs LN PIB	
	TPDA	PIB (millón \$)	LN TPDA	LN PIB
2004	2195.0	5796	7.69	8.66
2005		6321		8.75
2006		6786		8.82
2007	2334.0	7458	7.76	8.92
2008	2508.0	8491	7.83	9.05
2009		8381		9.03
2010	2574.0	8741	7.85	9.08
2011		9756		9.19
2012	2629.0	10533	7.87	9.26
2013		10983		9.30
2014		11880		9.38
2015	4294.0	12748	8.36	9.45
2016	4537.0	13230	8.42	9.49

*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

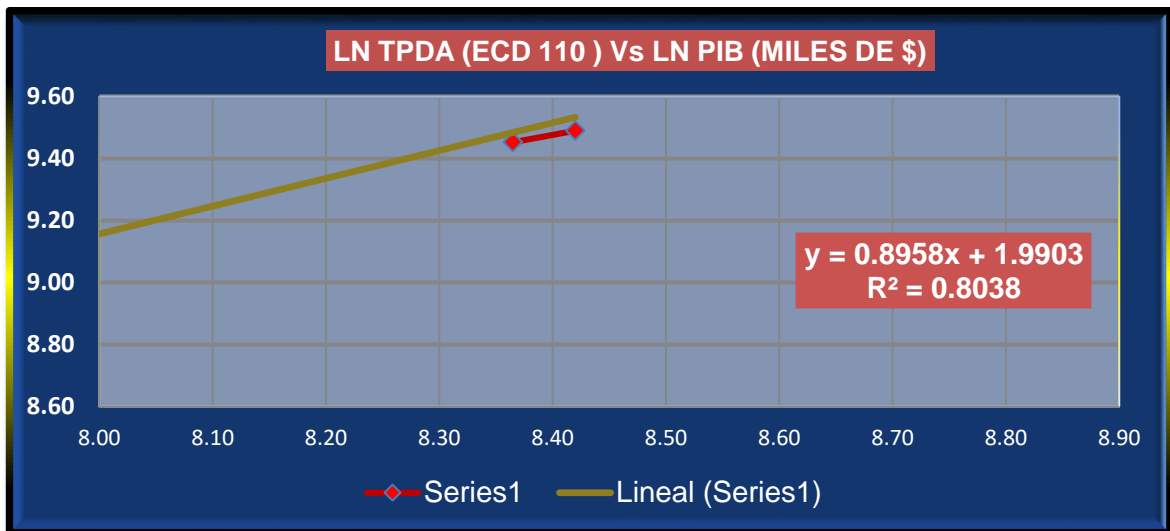


**Grafico 5 : Correlación TPDA Vs PIB.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 6 : Correlación LN TPDA Vs LN PIB.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

La correlación de las variables TPDA Vs PIB genera un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) igual a **0.8456** y la correlación de las variables LN TPDA Vs LN PIB genera un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) igual a **0.8038**. Se decidió utilizar el primer  $R^2$  de (**0.8456**) por tener un valor más alto y confiable, para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de carga, que son los vehículos de transportes que mueven la producción hacia los mercados nacionales e internacionales, lo mismo que los insumos para la producción.

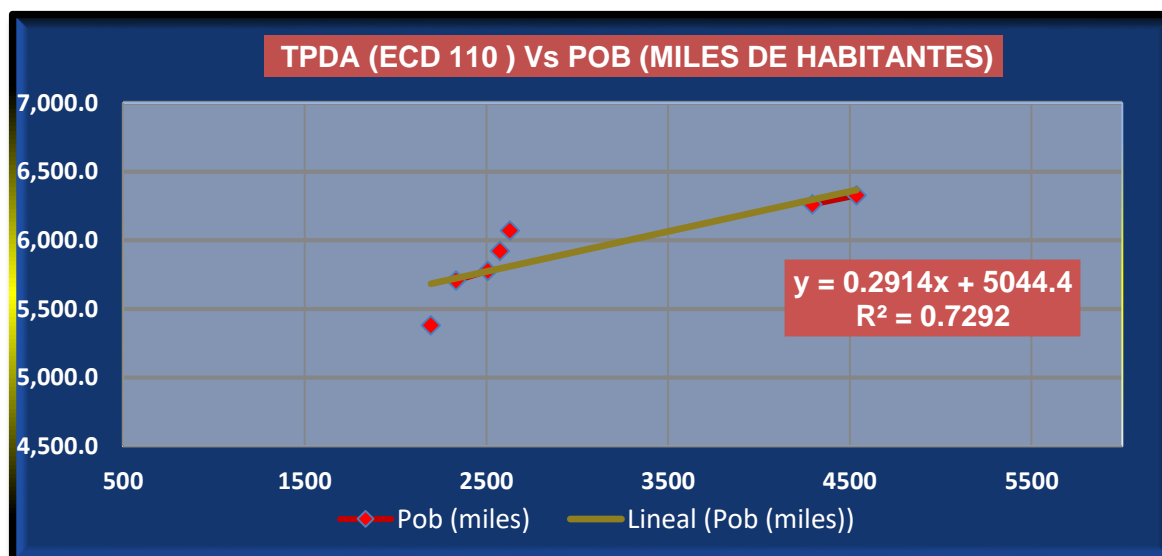
El cuadro siguiente, presenta el comportamiento del TPDA – Población, en el período 2004 – 2016 y la representación gráfica con la ecuación de correlación del TPDA vs POB de la Estación N° 110 ECD (Estelí-Cóndega). Ver siguiente tabla:

**Tabla 12: Correlación TPDA Vs POB.**

AÑO	TPDA vs POB		LN TPDA vs LN POB	
	TPDA	POB (miles )	LN TPDA	LN POB
2004	2195.0	5,380.5	7.69	8.59
2005		5,450.4		8.60
2006		5,638.0		8.64
2007	2334.0	5,707.9	7.76	8.65
2008	2508.0	5,778.8	7.83	8.66
2009		5,850.5		8.67
2010	2574.0	5,923.1	7.85	8.69
2011		5,996.6		8.70
2012	2629.0	6,071.0	7.87	8.71
2013		6,134.3		8.72
2014		6,198.2		8.73
2015	4294.0	6,262.7	8.36	8.74
2016	4537.0	6,327.9	8.42	8.75

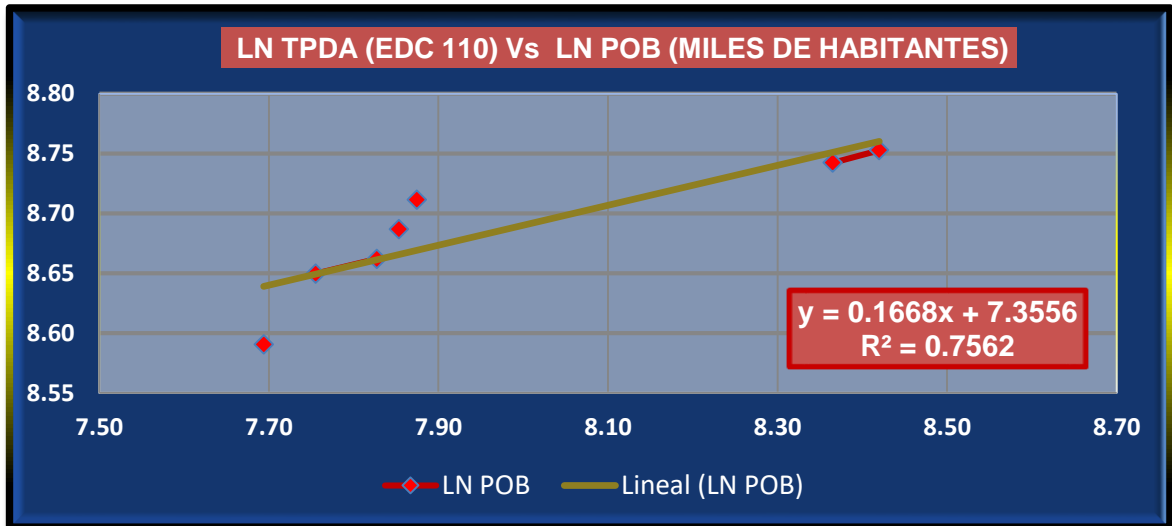
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Gráfico 7 : Correlación TPDA Vs POB.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 8 : Correlación LN TPDA Vs LN POB**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

La correlación de las variables TPDA Vs PIB genera un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) igual a **0.7292** y la correlación de las variables Logaritmo Natural TPDA Vs Logaritmo Natural PIB genera un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) igual a **0.7562**. En este caso utilizaremos el valor ( $R^2$ ) igual a **0.7562** el cual fue mejorado con (LN), ya que poseen un coeficiente ( $R^2$ ), mayor a **0.7292**.

Se escoge el segundo dato por tener un valor más alto y confiable, para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de carga, que son los vehículos de transporte que mueven la mayor cantidad de población hacia los diferentes destinos.

### **3. 7. 6 Calculo de Proyección de tráfico.**

Las tasas de crecimiento para producto interno bruto (PIB) y población (POB) serán afectados por las elasticidades que se escogieron de las correlaciones realizadas anteriormente, elasticidades que se tomaron en base a los ( $R^2$ ), de mayor confiabilidad. Procedemos a calcular las tasas de crecimiento utilizando los datos históricos de TPDA, PIB, POB, para cada uno de ellos. **(Ver Tabla 13 Y 14 pág. 29).**

**Tabla 13: Elasticidades Resultantes de las Correlaciones.**

CORRELACIÓN	ELASTICIDAD	CORRELACIÓN	ELASTICIDAD
TPDA Vs PIB	2.5855 <b>si</b>	LN TPDA-PIB	0.8958
TPDA Vs POB.	0.2914	LN TPDA-POB	0.1668 <b>si</b>

*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Tabla 14: Datos Históricos (TPDA, PIB, POB).**

AÑO	TPDA	PIB (Miles \$)	POB (miles)
2004	2195.0	5796	5380.5
2005		6321	5450.4
2006		6786	5638.0
2007	2334.0	7458	5707.9
2008	2508.0	8491	5778.8
2009		8381	5850.5
2010	2574.0	8741	5923.1
2011		9756	5996.6
2012	2629.0	10533	6071.0
2013		10983	6134.3
2014		11880	6198.2
2015	4294.0	12748	6262.7
2016	4537.0	13230	6327.9

*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

A partir de estas series históricas, se procede a calcular la tasa de crecimiento para cada variable aplicando la siguiente expresión matemática:

$$TC_{TPDA} = \left[ \left( \frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right)^{1/n} - 1 \right] * 10 \quad \underline{\text{Ec4.}}$$

**Dónde:**

**TPDA<sub>i</sub>:** Tráfico Promedio Diario Actual.

**TPDA<sub>0</sub>:** Tráfico Promedio Diario Actual del año base.

**N:** La diferencia de años.

Las tasas de crecimiento calculadas son:

$$TC_{TPDA} = \left[ \left( \frac{4,537}{2,195} \right)^{1/13} - 1 \right] * 100 = \mathbf{5.74\%}$$

$$TC_{PIB} = \left[ \left( \frac{13230.1}{5796.0} \right)^{1/13} - 1 \right] * 100 = \mathbf{6.55\%}$$

$$TC_{POB} = \left[ \left( \frac{6327.9}{5380.5} \right)^{1/13} - 1 \right] * 100 = \mathbf{1.26\%}$$

### 3. 8Análisis de la información obtenida.

**Producto Interno Bruto:** para conocer el valor de tasa de crecimiento promedio para el producto interno bruto se obtiene mediante la **ecuación 4**, luego se multiplico por su elasticidad resultando una tasa de **16.94%**.

$$TC_{PIB} = 6.55 \% \times 2.5855 (\text{Elasticidad}) = \mathbf{16.94\%}$$

**Para la población:** aplicando la **ecuación 4**, luego se multiplico por su elasticidad quedando con una tasa de **0.21%** para el crecimiento poblacional.

$$TC_{POB} = 1.26 \% \times 0.1668 (\text{Elasticidad}) = \mathbf{0.21\%}$$

Se decidió utilizar la tasa de crecimiento vehicular de **5.74 %** para todo el tráfico, a consecuencia de que las tasas de crecimiento para **PIB** resulto muy alta de **16.94%** y para pasajeros de **0.21%** lo cual resulta muy baja, en cambio la tasa del TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual) resulta aceptable en relación al registro histórico (año 2016) de la estación escogida la ECD-110 Estelí- Cóndega.

### 3. 9 Tráfico de diseño (TD).

Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se usará un tránsito de Diseño (TD) que es un factor fundamental para el diseño estructural de pavimentos. Este se obtiene a partir de la información básica suministrada por el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el Factor de Crecimiento (FC), Factor de Distribución (FD) y Factor Carril (fc). Se calcula mediante la siguiente **Ecuación 5**:

$$TD = TPDA * FC * FD * fc * 365 \quad \mathbf{Ec.5.}$$

### 3. 9. 1 Factor de Crecimiento.

(FC): Este se obtiene a partir del periodo de diseño y está en dependencia del grado de importancia de la vía, y la tasa anual de crecimiento del tránsito. Se determina mediante la siguiente **Ecuación 6:**

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad \text{Ec.6.}$$

**Dónde:**

FC: Factor de Crecimiento.

i: Tasa anual de Crecimiento.

n: Periodo de Diseño.

$$FC = \frac{(1 + 0.0574)^{20} - 1}{0.0574} = \mathbf{35.79}$$

### 3. 9. 2 Período de Diseño (PD).

Es la cantidad de años para la cual será diseñada la estructura de pavimento, por lo general varía dependiendo del tipo de carretera. De acuerdo a la ubicación geográfica del tramo y al volumen actual de tránsito que circula por ella, elegimos **20 años** para el período de diseño, ya que el tramo tiene una clasificación funcional de Colectora Sub-urbana.

**Tabla 15: Período de Diseño.**

Tipo de carretera	Período de Diseño (años)
Autopista Regional	30 – 50
Troncales Sub-Urbanas	20 – 50
Troncales Rurales	20 – 50
Colectoras Sub-Urbanas	<b>15 – 25</b>
Colectoras Rurales	15 – 25

*Fuente:* Guía para el Diseño de Pavimento AASHTO-93

### 3. 9. 3 Factor Distribución Por Dirección (FD).

Este valor se puede deducir del estudio de tránsito (conteo), es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta, por lo general es 0.5 ya que la cantidad de vehículos es la misma en ambos sentidos, aunque hay casos en que puede ser mayor en una dirección que en otra. **(Ver Tabla 16, pág. 32)**

**Tabla 16: Factor de Distribución por Dirección.**

Número de carriles en ambas direcciones	LD
2	50
4	45
6 o más	40

*Fuente: Manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras regionales, SIECA, 2011.*

Identificamos el factor de distribución por dirección a usarse para nuestro diseño que es de; **0.50**.

### **3. 9. 4 Factor Distribución Por Carril (FC).**

El carril de diseño es por el que circulan el mayor número de ejes equivalentes (ESAL'S). En la **Tabla-17** que se presenta a continuación podemos observar el factor carril.

**Tabla 17: Factor Distribución por Carril.**

Número de carriles en una sola dirección	LC <sup>11</sup>
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

*Fuente: Manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras regionales, SIECA, 2011.*

El factor de distribución por carril a usarse es **1.00**.

### **3. 9. 5 El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).**

Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos articulado fue de **4.2** según el manual SIECA Capítulo 3 Pág. 4.

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado de 800 metros de calles Barrio Villa Esperanza-Estelí se trabajó con un valor de **Po=4.2**.

### 3. 9. 6 El Índice de Serviciabilidad Final (Pt).

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, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía:

Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de  $pt = 1.8-2.0$  según el manual SIECA Capitulo 3 Pág. 4. En este caso se decidió tomar el valor de **Pt=2.0**.

### 3. 9. 7 Pérdida de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI).

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea el  $\Delta$ PSI mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente **Ecuación-7**:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad \text{Ec.7.}$$

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado del de estudio se trabajó con un valor de:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0 \Delta PSI = 2.2$$

### 3. 9. 8 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), se debe de asumir un valor inicial de SN. Para este Diseño seleccionamos el valor **SN=5**.

### 3. 9. 10 Factor de Equivalencia (FESAL).

Se obtiene las tablas de la AASHTO- 93 apéndice D, para ejes Sencillos y Dobles respectivamente. Conociendo la serviciabilidad final (**Pt=2.0**), el número estructural asumido (**SN=5**) y los pesos (se encuentran en Kips), los factores de equivalencia se obtienen (**Ver Anexos, Tablas 75, 76, pág. XV, XVI**).



Si los factores de equivalencia de cargas en los ejes no se encuentran en estas tablas se deben de Interpolar dichos valores.

### 3. 10 Ejes Equivalentes (ESAL o W18).

Este se obtiene conociendo El Tránsito de Diseño (TD) y los factores de equivalencia (ESAL). Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\text{ESAL o W18} = \text{TD} * \text{FESAL} \quad \text{Ec.8.}$$

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

En base a los datos anteriormente definidos con apoyo del software Excel se procedió a la determinación del Tránsito de Diseño (TD), para cada tipo de vehículos, aplicando **ecuación N° 5, pág. 30**, tal como se muestra en la **Tabla 18**.

**Tabla 18: Tránsito de Diseño.**

Tipo de vehículos	TPDA 2017	F.C.	Días año	Factor por carril(Fc)	Factor de Dirección (Fs)	Tránsito para el carril de diseño
<b>Carro</b>	70.00	35.79	365	0.50	1.00	457,217.00
<b>Jeep</b>	30.00	35.79	365	0.50	1.00	195,950.00
<b>Ctas</b>	104.00	35.79	365	0.50	1.00	679,294.00
<b>Mic-Bus</b>	4.00	35.79	365	0.50	1.00	26,127.00
<b>MB &gt;15 P</b>	7.00	35.79	365	0.50	1.00	45,722.00
<b>Bus</b>	25.00	35.79	365	0.50	1.00	163,292.00
<b>C2 Liviano</b>	23.00	35.79	365	0.50	1.00	150,229.00
<b>C2 &gt; 5 ton</b>	26.00	35.79	365	0.50	1.00	169,824.00
<b>C3</b>	5.00	35.79	365	0.50	1.00	32,658.00
<b>TD /TOTAL</b>						<b>1,920,313.00</b>

*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

Una vez conocido el tránsito de Diseño, se procede a realizar el cálculo **ESAL'S** del Carril de Diseño, como en algunos casos el peso por eje Kips no está dado en la tabla factores Equivalentes de Cargas Ejes Simples, y Ejes tándem.

Se deberá interpolar el valor exacto utilizando la siguiente formula:

$$y_x = y_0 + \frac{x-x_0}{x^1-x_0} (y^1 - y^0) \quad \text{Ec.9.}$$

**Tabla 19: Factores de ejes Kips a Interpolar.**

FACTORES DE EJES KIPS	
Ejes Sencillos	Ejes Dobles
2.2, 4.4, 8.8, 11, 17.6	36.30

*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Tabla 20: Calculo del Factor ESAL ´S Trabajando (SN=5), Po=4.2, Pt=2.0, ΔPSI=2.2.**

$y_{2.2} = 0.0002 + \frac{2.2 - 2}{4 - 2} (0.002 - 0.0002)$ $y_{2.2} = 0.0002 + \frac{0.2}{2} (0.0018)$ $y_{2.2} = \mathbf{0.00038}$	$y_{4.4} = 0.002 + \frac{4.4 - 4}{6 - 4} (0.009 - 0.0002)$ $y_{4.4} = 0.002 + \frac{0.4}{2} (0.007)$ $y_{4.4} = \mathbf{0.0034}$
$y_{8.8} = 0.031 + \frac{8.8 - 8}{10 - 8} (0.079 - 0.031)$ $y_{8.8} = 0.031 + \frac{0.8}{2} (0.048)$ $y_{8.8} = \mathbf{0.0502}$	$y_{11} = 0.079 + \frac{11 - 10}{12 - 10} (0.174 - 0.079)$ $y_{11} = 0.079 + \frac{1}{2} (0.095)$ $y_{11} = \mathbf{0.1265}$
$y_{17.6} = 0.603 + \frac{17.6 - 16}{18 - 16} (1.00 - 0.603)$ $y_{17.6} = 0.603 + \frac{1.6}{2} (0.397)$ $y_{17.6} = \mathbf{0.9206}$	$y_{36.3} = 1.38 + \frac{36.3 - 36}{38 - 36} (1.73 - 1.38)$ $y_{36.3} = 1.38 + \frac{0.3}{2} (0.35)$ $y_{36.3} = \mathbf{1.4325}$

*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

Conocido los valores de los factores de Equivalencia (FESAL), se procede a aplicar la **Ecuación 8** para el cálculo de ESAL'S.

**Tabla 21: Cálculo ESAL'S del Carril de Diseño.**

<b>Calculo ESAL'S del Carril de Diseño</b>							
<b>Asumimos un número estructural (SN=5), Po=4.2, Pt=2.0, ΔPSI=2.2</b>							
<b>Tipo de vehiculos</b>	<b>Peso X eje(Ton.met)</b>	<b>Peso X eje (Kips)</b>	<b>Tipo de eje</b>	<b>TPDA. 2017</b>	<b>TD</b>	<b>Factor ESAL</b>	<b>ESAL de Diseño</b>
<b>Autos</b>	1.00	<b>2.20</b>	Simple	70.00	457,217.00	0.00038	<b>174.00</b>
	1.00	2.20	Simple			0.00038	<b>174.00</b>
<b>Jeep</b>	1.00	2.20	Simple	30.00	195,950.00	0.00038	<b>74.00</b>
	1.00	2.20	Simple			0.00038	<b>74.00</b>
<b>Camionetas</b>	1.00	2.20	Simple	104.00	679,294.00	0.00038	<b>258.00</b>
	2.00	<b>4.40</b>	Simple			0.0034	<b>2310.00</b>
<b>Mc-Bus&lt;15 pas</b>	2.00	4.40	Simple	4.00	26,127.00	0.0034	<b>89.00</b>
	4.00	<b>8.80</b>	Simple			0.0502	<b>1312.00</b>
<b>Mn-Bus 15-30 pas</b>	4.00	8.80	Simple	7.00	45,722.00	0.0502	<b>2295.00</b>
	8.00	<b>17.60</b>	Simple			0.9206	<b>42092.00</b>
<b>Bus</b>	5.00	<b>11.00</b>	Simple	25.00	163,292.00	0.1265	<b>20656.00</b>
	10.00	22.00	Simple			2.35	<b>383736.00</b>
<b>C2 Liv</b>	4.00	8.80	Simple	23.00	150,229.00	0.0502	<b>7541.00</b>
	8.00	17.60	Simple			0.9206	<b>138301.00</b>
<b>C2 5 +ton</b>	5.00	11.00	Simple	26.00	169,824.00	0.1265	<b>21483.00</b>
	10.00	22.00	Simple			2.35	<b>399086.00</b>
<b>C3</b>	5.00	11.00	Simple	5.00	32,658.00	0.1265	<b>4131.00</b>
	16.50	<b>36.30</b>	Doble			1.43	<b>46701.00</b>
<b>Total ESAL'S de diseño(W18)</b>							<b>1,070,487.00</b>
							<b>1.07E+06</b>

**Fuente:** Elaborado por Sustentante.

Obteniendo un valor ESAL's de 1,070,487.00 éste corresponde al número de repeticiones equivalentes a 18 Kips llamado también "eje estándar", el cual tiene un peso de 8.2 ton. o (18,000 lbs.) y se presentará en el carril de diseño en un periodo de diseño de 20 años.

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA**



**ESTUDIO GEOTÉCNICO**  
**CAPÍTULO IV**

#### 4.1 Metodología.

En este capítulo se detallarán los procedimientos llevados a cabo a lo largo del tramo en estudio, con el propósito de evaluar y analizar las características físicas, mecánicas y condiciones de soporte del suelo, y así poder contar con la información básica necesaria para la determinación de los espesores a colocar a lo largo de la vía. Los ensayos de laboratorio y caracterización física de los suelos fueron proporcionados por la Alcaldía de Estelí y realizados por (IDISA) Ingeniería Desarrollo e Inversiones S.A.

Todos los ensayos se realizaron en conformidad a lo establecido en las Normas de la ASTM (Asociación Internacional para la Prueba de Materiales), y AASHTO, entre ellas: Humedad, Valor de Soporte (CBR), Granulometría, Límites de Atterberg (Límite líquido e índice plástico) y Densidad (Proctor), los cuales son los siguientes:

**Tabla 22: Tipos de ensayos para estudio de suelos.**

Ensayo	Especificación ASTM	Especificación AASHTO
Granulometría	D – 422	T – 2788
Límite Líquido	D – 423	T – 8990 y 9087
Índice de Plasticidad	D – 424	T – 9097
Ensayo Próctor Modificado	D – 1557 – 91	T – 180 – 90
Ensayo CBR.	D – 1883 – 73	T – 193 – 81

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

#### 4.2. Ensayos de Suelos en Línea.

Según los estudios de suelos se tomaron muestras representativas alternadas a uno y otro lado de la vía, a una distancia de 100 metros. Con una profundidad de hasta 1.50 metros, dicho procedimiento se inició en la estación 0+000 hasta la estación 0+800. Se efectuaron 9 sondeos manuales, en estos sondeos se tomaron 12 muestras alteradas representativas de cada estrato encontrado, marcando las profundidades respectivas. **(Ver Anexos, Tabla 77, pág. XVII).**

#### **4.2.1. Resultados de Ensayes a Muestras de Sondeos de Línea.**

A continuación, se muestra el tipo de suelo que predomina en cada uno de los tramos en estudio, según los resultados de clasificación obtenidos en los sondeos manuales realizados para cada caso:

El primer estrato de suelos estudiados cuenta con una profundidad que varía entre 15 y 20 cm. A partir de los resultados, se logró conocer que existe un tipo de material bien definido en este primer estrato el cuales **A – 2 – 6**. Este tipo de material encontrado, presentan comportamiento en cuanto a sus características físicas y mecánicas. El Límite Líquido determinado se ubica entre 33 y 39, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 12 y 22. Los suelos del tipo **A – 2 – 6** presentan valores de CBR que varían entre 13 y 21.

El segundo estrato cuenta con una profundidad que varía entre 15 cm y 150 cm, en la composición del material predominan los suelos con clasificación **A – 2 – 4**, **A – 6**, **A – 2 – 7**. Estos materiales se encuentran por debajo de la actual carpeta de rodamiento.

El tercer estrato cuenta con una profundidad que varía entre 18 cm y 150 cm, en la composición del material predominan los suelos con clasificación **A – 6**, **A – 2 – 7** y **A – 2 – 4**. Este estrato también se encuentra por debajo de la actual carpeta de rodamiento.

Los suelos del tipo **A – 2 – 7** presentan valores de CBR que varían entre 14.1 y 18, para su uso como sub-rasante esta categorizada como de regular a buena calidad. El Límite Líquido de este tipo de suelo se ubica entre 38 y 55, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 12 y 29.

Los suelos del tipo **A – 2 – 6** presentan valores de CBR que varían entre 18.2 y 18.5, para su uso como sub-rasante esta categorizada como de regular a buena calidad. El Límite Líquido de este tipo de suelo se ubica entre 33 y 39, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 12 y 22.

**El suelo A – 2 – 4.** Presenta valores de CBR que varían entre 23.8 y 29, se caracteriza por ser un suelo de regular a buena calidad. El Límite Líquido determinado se ubica entre 26 y 37, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 7 y 10. Los suelos del tipo **A – 2 – 4**

El suelo del tipo **A – 6** presenta un valor de CBR de 11.3, para su uso como subrasante esta categorizada como de regular a deficiente calidad. Este tipo de suelo su Límite Líquido es de 36 y su Índice de Plasticidad es de 20.

Para detallar los tipos de suelos y su profundidad, en base al trabajo de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se realizó la secuencia estratigráfica del sitio en estudio. **(Ver Anexos, Gráfico 40, pág. XIX).**

#### **4.3. Resultados de Ensayes a Muestras de Fuentes de Materiales.**

En base en los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorios suministrados por la Alcaldía de Estelí, se analizaron dos (2) Bancos de Préstamo, para así poder conocer la función que puede desempeñar estos, al ser usado ya sea como material base o sub-base. Los cuales se presentan a continuación:

**Tabla 23: Banco de Materiales Identificados.**

No. De Banco	Ubicación	Volumen Aproximado(m <sup>3</sup> )	Uso Probable
Nº 1	Hospital san juan de Dios 1.5 km al sur - oeste	26,598	Material Selecto
Nº 2	Hogar chavalito 800 metros al este (Barrio Villa esperanza.	54,648	Material Selecto

*Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí-IDISA.*

**Tabla 24: Dimensiones de los bancos de materiales.**

No. del Banco	Nombre	Dimensiones en metros (largo x alto x ancho)
Banco Nº 1	La Quiatilla	78x11x31
Banco Nº 2	Villa Esperanza	90x12x50

*Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí-IDISA.*

**Tabla 25: Características de los Bancos de Materiales.**

No. Del Banco	% que pasa por tamiz									L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIF. AASHTO	CBR al 95%
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	#4	#10	#40	#200				
Nº 1	100	97	90	85	77	71	62	51	41	37	9	A-2-4 (o)	<b>52</b>
Nº 2			100	84	58	37	18	7	2	..	NP	A-1-a (o)	<b>84</b>

Observaciones: L.L= Limite Liquido, I.P= Índice de Plasticidad

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí-IDISA.

**Tabla 26: CBR de los Bancos de Materiales (Próctor Modificado 95%).**

BANCO	PVSS	PVSC	Densidad Máxima	Humedad Optima	CBR			VOLUMEN EXPLOTABLE (m³)
					90%	95%	100%	
Nº1	1,315	1,407	1,577	18.5	36	<b>52</b>	72	26,598 m³
Nº2	1,211	1,318	1,962	12.4	44	<b>84</b>	100	54,648 m³

Observaciones: PVSS= Peso Volumétrico Seco Suelto, PVSC= Peso Volumétrico Seco Compacto

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí-IDISA.

#### 4.3.1. Consideraciones para Elección del Banco a utilizar.

##### 4.3.1.1. 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 de la tabla siguiente:



**Tabla 27: Especificaciones de los Materiales para la Sub – Base.**

N°	Propiedad	Limites	Norma de Prueba
1	Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
2	Limite Plástico	6% Máx.	AASHTO T-90
3	C.B.R	<b>40% Mín.</b>	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. obtenido por medio de la prueba Proctor modificado	AASHTO T-191 y/o T-238

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

#### 4.3.1.2. 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 en la siguiente tabla:

**Tabla 28: Especificaciones de Materiales Empleados en una Base Granular.**

N°	Propiedad	Limites	Norma de Prueba
1	Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
2	Limite plástico	6% Máx.	AASHTO T-90
3	C.B.R	<b>80% Mín.</b>	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. Obtenido por medio de la prueba Próctor modificado.	AASHTO T-191 y/o T-238

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

#### 4.4. Banco de Materiales Propuesto para la Capa Base.

De acuerdo a los resultados de laboratorio obtenidos, se considerará utilizar como fuente de materiales para capa de base granular el Banco Villa Esperanza (**Banco N° 2**), debido a que su granulometría y resistencia (CBR) se ajusta a lo establecido en la sección II del Artículo-1003.23 de la NIC-2000.

**Tabla 29: Requisitos graduación de agregados.**

<b>Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.</b>			
<b>Tamiz (mm)</b>	<b>% que debe pasar por los tamices</b>	<b>Banco N°</b>	<b>Valoración</b>
<b>75</b>	100	100	<b>Cumple</b>
<b>4.75</b>	30-70	37	<b>Cumple</b>
<b>0.075</b>	0-15	2	<b>Cumple</b>

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

El Banco de Materiales N°2 (Villa Esperanza) está conformado por materiales granulares de clasificación (A-1-a) con índice de grupo 0. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se caracteriza por ser bueno para ser utilizado como material de base y sub-base en estructuras de pavimento.

El ensaye de CBR para el banco de materiales N°2 (Villa Esperanza) con suelo (A-1-a) al 95% es de **84% (Ver Anexos, Tabla 81 y 82 pág. XXII, XXIII)**, el cual cumple las Especificaciones Generales de la NIC-2000, ya que su CBR se ajusta a los requisitos mínimos que debe cumplir un material para poder ser utilizado como base, el cual después de colocado y compactado debe tener como mínimo un CBR de 80% al 95% de compactación. Los resultados de los requerimientos que debe cumplir el banco N°2 se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 30: Requisitos graduación de agregados.**

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco N° 2	Valoración
<b>Graduación</b>	Cuadro 1003.10	Cumple	<b>Cumple</b>
<b>Desgaste</b>	Máx. 50%	-	-
<b>Índice de plasticidad</b>	Máx. 10%	N.P.	<b>Cumple</b>
<b>CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación</b>	Min. 80%	<b>84%</b>	<b>Cumple</b>

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

#### 4.5. Banco de Materiales Propuesto para la Capa Sub-Base.

Se considero utilizar como fuente de materiales para capa de Sub-base granular el Banco La Quiatilla (**Banco N° 1**), debido a que su granulometría y resistencia (CBR), no se ajusta a lo establecido en la sección II del Artículo-1003.23 de la NIC-2000, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material utilizado como base granular, después de colocado y compactado.

**Tabla 31: Requisitos graduación de agregados.**

<b>Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.</b>			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco N° 1	Valoración
<b>75</b>	100	100	<b>Cumple</b>
<b>4.75</b>	30-70	71	<b>No Cumple</b>
<b>0.075</b>	0-15	41	<b>No Cumple</b>

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

El Banco de Materiales está conformado por materiales limos y arcillas de clasificación (A-2-4) con índice de grupo 0.

Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se caracteriza bueno para ser utilizado como material sub-base en estructuras de pavimento. **(Ver Anexos, Tabla 78 pág. XVIII).**

El ensaye de CBR para el banco de materiales con suelo **(A-2-4)** al 95% es de **52%**, el cual no cumple las Especificaciones Generales de la NIC-2000, ya que su CBR no se ajusta a los requisitos mínimos que debe cumplir un material para poder ser utilizado como base. **(Ver Anexos, Tabla 79 y 80 pág. XX, XXI),**

Pero si cumple con requisitos mínimos que debe cumplir un material para poder ser utilizado como sub-base, el cual después de colocado y compactado debe tener como mínimo un CBR de 40% al 95% de compactación. Los resultados de los requerimientos que debe cumplir el banco **Nº-1 (La Quiatilla)** se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 32: Requisitos Graduación de Agregados.**

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco 1	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	<b>Cumple</b>
Desgaste	Máx. 50%	-	-
Índice de plasticidad	Máx. 10%	9	<b>Cumple</b>
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80% para Base	52%	<b>No Cumple</b>
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 40% para Sub-Base	<b>52%</b>	<b>Cumple</b>

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

#### **4.6. 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.

##### **4.6.1. 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.

Se puede apreciar en los perfiles estratigráficos que este tramo cuenta con una capa de rodadura de un espesor no mayor a **20 cm**, el cual corresponde de acuerdo a la clasificación de suelos AASHTO como A-2-6 (0), el cual se considera está construido sobre la sub-rasante es por eso que en este diseño se tomaron todos los valores de CBR más próximos que están por debajo de 20 cm, ya que es donde se encuentra un estrato de suelo más uniforme, donde se concentran las cargas y de esta manera se compensa el espesor que tendrá la estructura de pavimento articulado.

En la siguiente tabla se presentan las especificaciones para sub-rasante.

**Tabla 33: Especificaciones para Terraplenes y Materiales para Sub-Rasante.**

No.	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Metodología
1	% de malla N° 200	40 % máx.	30% máx.	AASHTO T-11
2	Limite Líquido	40 % máx.	30% máx.	AASHTO T-89
3	Índice Plástico	15 % máx.	10 % máx.	AASHTO T-90
4	CBR	10 % Min.	20 % Min.	AASHTO T-193
5	Compactación	95 % máx. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba proctor modificado. (AASHTO-99)	95 % máx. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba proctor modificado. (AASHTO-T-180)	AASHTO T-191 y/o T-238 (in situ)

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

El método más común para calcular el CBR de diseño es el propuesto por el instituto de Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total que el 60%, el 75% o el 87.5% de los valores individuales obtenidos que sea iguales o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule por el pavimento.

Tomando en cuenta que el ESAL's es **de 1,070,487.00** por tanto para nuestro diseño utilizaremos un percentil de **87.5%**, tal y como se indica en la **Tabla N°34**.

**Tabla 34: Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de Diseño.**

Cargas Equivalentes Totales (ESAL's)	Percentil de Diseño (%)
< de 10,000 ESAL's	60
Entre 10,000 y 1,000,000 de ESAL's	75
<b>&gt; de 1,000,000 ESAL's</b>	<b>87.5</b>

*Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.*

En la siguiente tabla se muestra la acumulación de los valores de CBR de diseño que fueron tomados para el cálculo del CBR de la sub-rasante, también la frecuencia de cada valor según su clasificación y la cantidad de valores iguales o mayores para cada muestra con su respectivo porcentaje.

**Tabla 35: Selección de CBR de Diseño para la Sub-Rasante.**

Tipo de Suelo	CBR	Frecuencia	Cantidad de Valores Iguales o Mayores	%
A-6	6	1	12	100.00%
A-2-7(1)	10	1	11	61.11%
A-2-7(0)	12	1	10	55.56%
A-2-6	15	3	9	50.00%
A-2-4(0)	21	5	6	33.33%
A-2-4(0)	29	1	1	5.56%

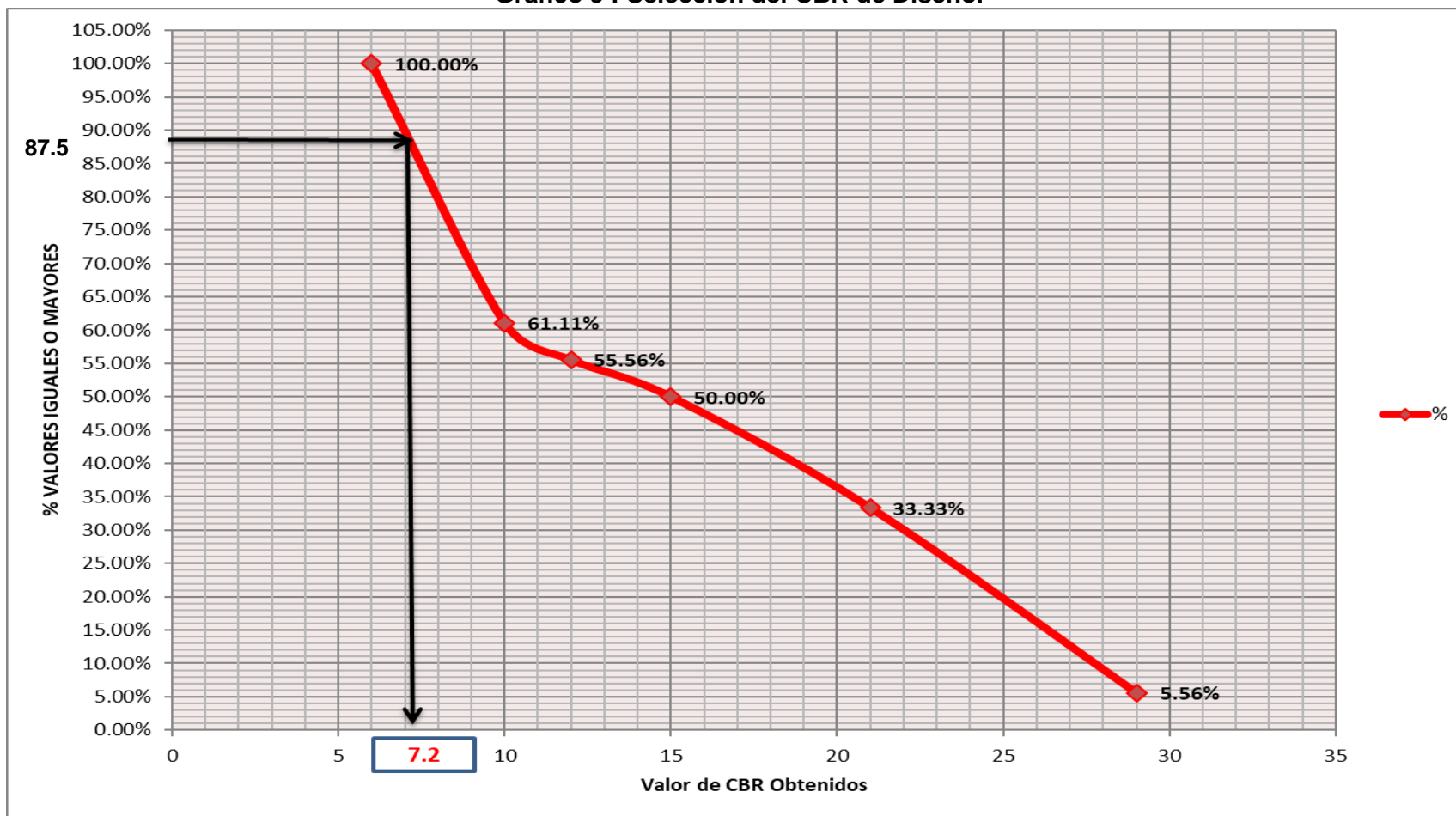
**Se tomaron 12 Muestras del Total de 23 en 9 sondeos.**

*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

Con los valores CBR y porcentajes de cada uno de los valores se dibuja un gráfico donde se determina el CBR de diseño para sub-rasante.

De acuerdo al tránsito que se espera que circule en la vía, determinado en el estudio de tránsito de este proyecto, y sabiendo que éste será de **1,070,487.00** en un periodo de 20 años, se eligió un valor percentil para el diseño de sub-rasante según lo muestra la **Tabla N°34** fue de **87.5%** de los valores mayores o iguales, el cual se interseco con la curva de los valores de CBR como se aprecia en el **gráfico 9**, para encontrar el CBR de diseño de la sub-rasante a continuación:

Grafico 9 : Selección del CBR de Diseño.



Fuente: Elaborado por Sustentante.

El resultado del **CBR** de diseño para la sub-rasante fue de **7.2%**. Se asume que este porcentaje se establece como una muestra representativa de los valores de CBR encontrados en los sondeos de línea.



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA.**



**DISEÑO DE PAVIMENTO**  
**CAPÍTULO V**

## **5.1. Generalidades.**

El método de Diseño de Espesores de pavimento de la AASHTO 1993, es el más usado y cuenta con técnicas de diseño para estructuras de pavimentos rígidos, semi-rígidos, flexibles y articulados. Se ha elegido el método AASHTO, porque a diferencia de otros métodos introduce el concepto de Serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario. Seguidamente se utilizaron los nomogramas de la AASHTO, y criterios de diseño ajustados a la Buena Práctica en Ingeniería (BPI).

En Nicaragua se utilizan 4 tipos de carpeta de rodamiento en la construcción de carreteras: macadam, asfáltica, de concreto hidráulico y adoquinado. Debido a su fácil manejo y otras características en este estudio se eligió adoquines, en todo caso resulta una alternativa económica y de fácil mantenimiento.

## **5.2. Consideraciones del Diseño AASHTO 93:**

### **5.2.1. Carga de Ejes Simples Equivalentes.**

Se refiere al deterioro que produce cada vehículo en un pavimento, éste corresponde al número de ejes equivalentes llamado también “eje estándar”, el cual tiene un peso de 8.2 ton. (18,000 libras) y se presentará en el carril de diseño. Se considera que el “eje estándar” tiene un factor de daño  $F=1$ .

Al realizar el estudio de tráfico, se clasifican todos los vehículos livianos y pesados según su peso por eje, encontrando así los volúmenes de tránsito, luego dichos volúmenes se proyectan a un período de diseño en concordancia a una tasa de crecimiento que se determina según las condiciones económicas y sociales de la zona, el proceso anterior nos permite determinar el tránsito de diseño (TD), posteriormente se afecta este tránsito de diseño por un factor de equivalencia de carga, la sumatoria de todos los procesos anteriores para cada vehículo clasificado se denomina ESAL de diseño. En el tramo en estudio, el ESAL de diseño es **1,070,487.00**

### 5.2.2. Confiabilidad.

La confiabilidad se define como la probabilidad de que el sistema de pavimento durante todo el período de diseño se comporte de manera satisfactoria bajo las condiciones de carga.

Esta variable trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, cuyo valor depende de variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento, del nivel de confiabilidad elegido y del error estándar combinado, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan se desempeñarán satisfactoriamente sobre las cargas de tráfico y condiciones ambientales que durarán como mínimo el período de diseño.

De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2004 recomienda diferentes niveles de confiabilidad. Para el tramo en estudio se utilizará un valor de confiabilidad **R** del **80%**, que corresponde a un valor recomendado para una Carretera Colectora suburbana lo cual se muestra en la **Tabla N°36**. Esta confiabilidad seleccionada de acuerdo al grado funcional del tipo de la carretera presenta una desviación **Zr** de **-0.841**, lo cual se muestra en la **Tabla N°37**.

**Tabla 36: Niveles de Confiabilidad R en Función del Tipo de Carretera.**

Clasificación de la vía.	Niveles Recomendados Confiabilidad (R)	
	Zona Urbana	Zona Rural
Autopistas	85-99.9	80-99.9
Troncal	80-99	75-95
Locales	<b>80-95</b>	75-95
Ramal y vía agrícola	50-80	50-80

*Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2001.*

**Tabla 37: Valores de Zr en Función de la Confiabilidad R.**

Confiabilidad R (%)	Desviación normal estándar (Zr)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
<b>80</b>	<b>-0.841</b>
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

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

### 5.2.3. Desviación Estándar.

La desviación estándar Aplicada en este modelo se identifica como la variación en la predicción del comportamiento de los niveles de servicio del tránsito teniendo en cuenta los errores en la predicción del mismo. Para la estimación de la desviación estándar, la AASHTO ha dispuesto ciertos valores que fueron desarrollados a partir de un análisis de varianza que existía en el Road Test y en base a predicciones futuras del tránsito.

**Tabla 38: Desviación Estándar Dependiendo de las Condiciones de Servicio.**

Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Articulado
<b>En construcción nueva</b>	0.35	<b>0.45</b>
<b>En sobre capas</b>	0.39	0.49

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

#### 5.2.4. Serviciabilidad.

La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro a los usuarios. Para su determinación se realizan estudios de calidad en dependencia del tipo de carpeta de rodamiento a evaluar.

La forma más sencilla para determinar la pérdida de serviciabilidad se muestra en el capítulo 7, página 5 del Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos (SIECA), se muestran los valores recomendados de desvío estándar comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

**Tabla 39: Factores de Serviciabilidad.**

Serviciabilidad Inicial	Serviciabilidad Final
Po= 4.5 para pavimentos rígidos	Pt= 2.5 o más para caminos principales
<b>Po= 4.2 para pavimentos flexibles</b>	<b>Pt= 2.0 para caminos de Tránsito menor</b>

*Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.*

#### 5.2.5. Coeficiente de drenaje.

El drenaje de agua en los pavimentos es un aspecto importante a considerar en el diseño de las carreteras. De lo contrario el exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas podrían anticipar los daños a la estructura del pavimento.

La AASHTO 93 recomienda ciertos coeficientes de drenajes que son usados para los cálculos en la estimación de los espesores de los miembros de los paquetes estructurales, la forma de consideración de los coeficientes se demuestra en la **Tabla N°40, pág. 53.**

La calidad del drenaje es expresada en la fórmula del número estructural, dado que se asume una buena capacidad para drenar el agua de la vía en cada una de las capas que conforman el pavimento, el coeficiente de drenaje a utilizar es de **mi = 1.00.**

**Tabla 40: Capacidad del Drenaje para Remover la Humedad.**

Calidad del drenaje	Capacidad del drenaje para remover la humedad	
	50% de saturación	85% de saturación
Excelente	2 horas	2 horas
<b>Bueno</b>	1 día	<b>2 a 5 horas</b>
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	De 10 a 15 horas
Malo	No drena	Mayor de 15 horas

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

**Tabla 41: Porcentaje del Tiempo que el Pavimento está Expuesto a Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación.**

Calidad del drenaje	P= % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
<b>Bueno</b>	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	<b>1.00</b>
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

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

### 5.2.6. Cálculo del CBR de diseño.

La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193. El CBR de diseño de este tramo es de **7.2%**. Este se obtuvo con un percentil de **87.5%**. (Ver Gráfico-9 del cap. IV, pág.48)

### 5.2.7. Módulo de Resiliencia (MR).

La base para la caracterización de los materiales de la sub-rasante en este método es el Módulo Resiliente, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición. Se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR, la guía de diseño de la AASHTO, establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo Resiliente de la sub rasante.

**Tabla 42: Correlación entre el CBR Y Módulo Resiliente para Sub rasante.**

Valor de CBR	Consideración
<b>CBR &lt; 10%</b>	<b>Mr= 1500 * CBR <u>Ec.10.</u></b>
<b>CBR &gt; 10%</b>	Mr= 4326* Ln (CBR) + 241 <u>Ec.11.</u>

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

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la sub rasante de **7.2%**, utilizaremos el primer criterio para calcular el Módulo Resiliente de la sub-rasante aplicando la ecuación N° 10, por tanto:

$$\text{Mr}=1500 \times \text{CBR} \quad \text{Ec.10.}$$

$$\text{Mr}=1500 \times (7.2\%)$$

$$\text{Mr}=10,800 \text{ psi}$$

### 5.2.8. Coeficientes de capa.

El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente ( $a_n$ ), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales SN. Estos están representados con la siguiente simbología:

**a<sub>1</sub>**: Para la carpeta de rodamiento (**Adoquín**).

**a<sub>2</sub>**: Para la base granular (**Banco N° 2 Villa Esperanza -CBR 84 %**)

**a<sub>3</sub>**: Para la sub-base (**Banco N° 1 La Quiatilla –CBR 52 %**).

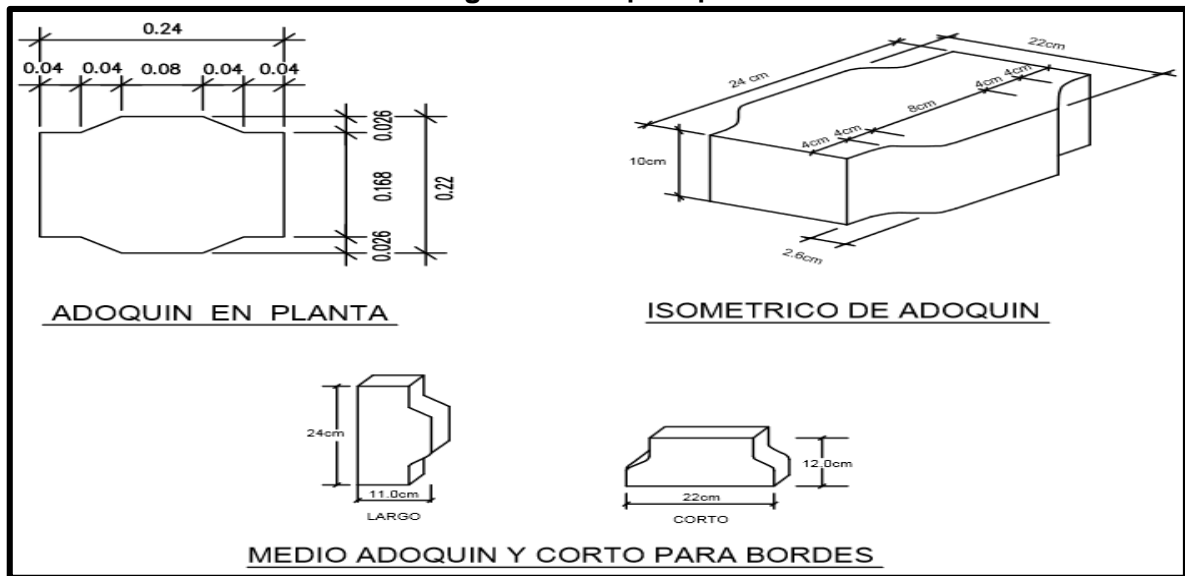
#### 5.2.8.1. Coeficientes Estructural **a<sub>1</sub>**.

La Capa de rodamiento estará conformada por elementos uniformes compactos de concreto, denominados adoquines, que se colocan ensamblados y que, debido a su entrelazado y a la conformación de sus caras laterales, permiten una transferencia de cargas desde el elemento que las recibe hacia varios de sus adyacentes, trabajando sólidamente y sin posibilidad de desmontaje individual.

Cuando se utiliza adoquín como carpeta de rodamiento el coeficiente estructural será de  $a_1 = 0.45$ , valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, Diseño de espesores con adoquín, Método AASHTO, página 107.

El adoquín a utilizarse será tipo tráfico cuya resistencia será de 4500 PSI, como el que se muestra en la Imagen2.

**Imagen 2 : Adoquín típico.**



Fuente: Elaborado por Sustentante -AutoCAD 2017.

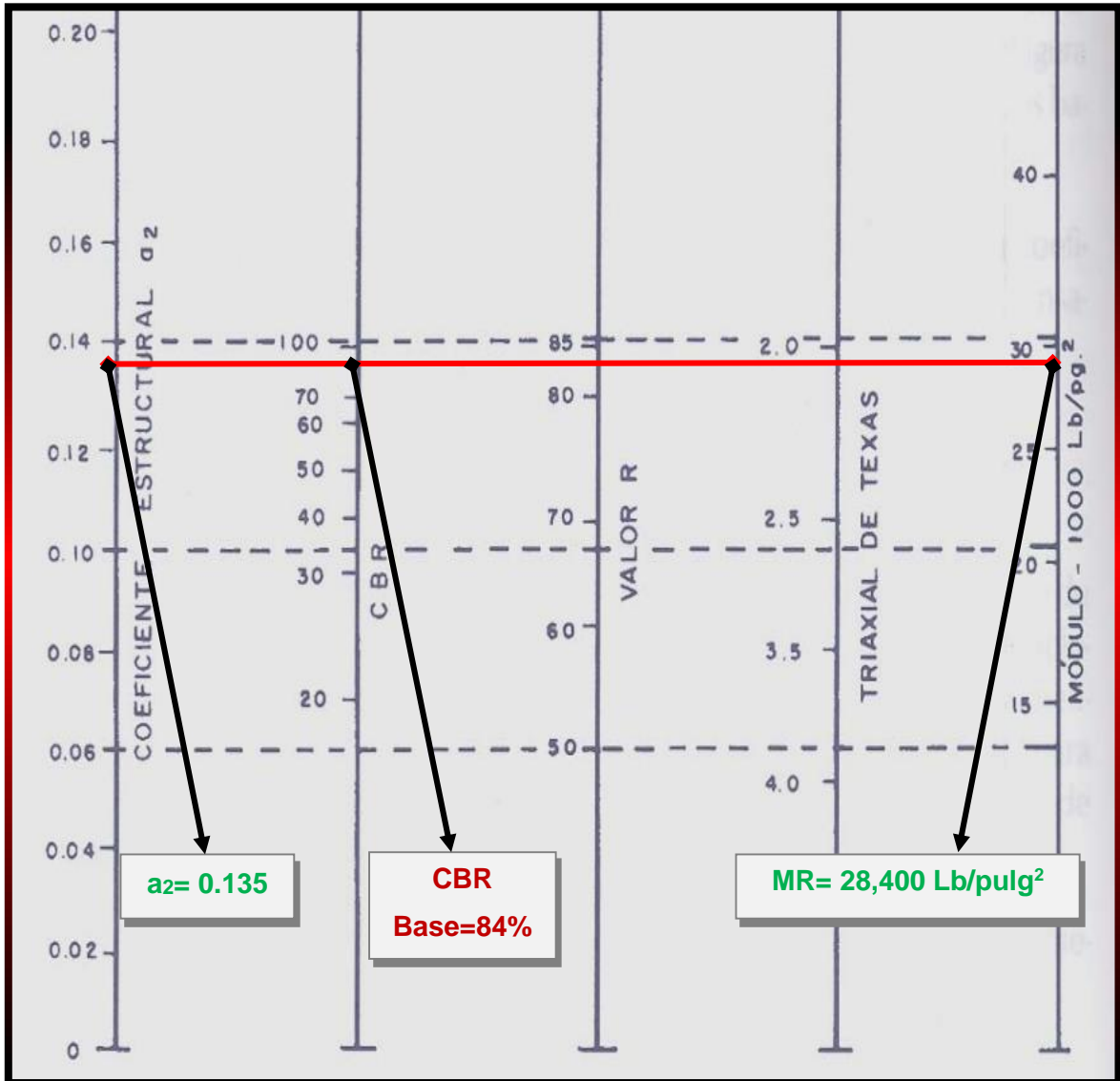
### 5.2.8.2. Coeficientes Estructural $a_2$ .

La determinación del coeficiente estructural  $a_2$  se realizó en base a la aplicación del nomograma para base granular- no tratada proporcionado por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993).

El valor de CBR usado para el cálculo de la Base es igual a **84%** que corresponde al Banco de Préstamo N#2, de acuerdo a la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de  $a_2 = 0.135$  y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de  **$M_r = 28,400$  PSI. (Ver gráfico N- 10 a continuación)**



**Grafico 10 : Obtención del Coeficiente estructural  $a_2$  y el Módulo Resiliente, para Base Granular No tratada con Cemento.**

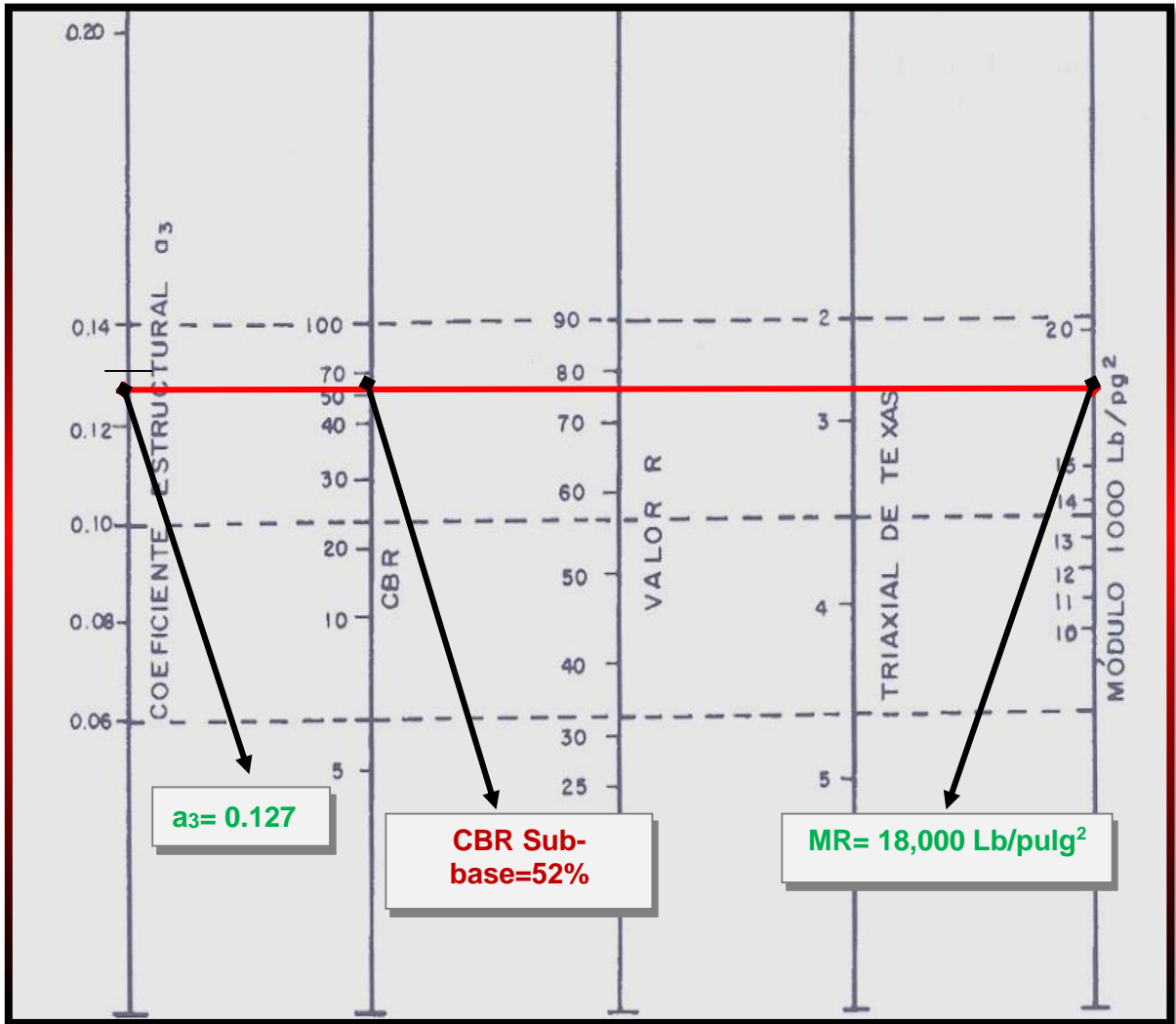


Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993.

### 5.2.8.3. Coeficientes Estructural $a_3$ .

El valor de CBR usado para el cálculo de la Sub-Base es igual a **52%** que corresponde al Banco de Préstamo #1, de acuerdo a la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de  $a_3 = 0.127$  y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de  $Mr = 18,000$  PSI. (Ver gráfico N- 11 a continuación)

**Grafico 11 : Obtención del Coeficiente estructural  $a_3$  y el Módulo Resiliente, para Sub-Base Granular.**



Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993.

### 5.2.9. Número Estructural.

También conocido como valor de soporte de suelo, es un número asignado para poder representar la capacidad de soporte de un pavimento. Este número indica la cantidad de espesores o capas que requiere un pavimento para soportar las cargas a las que será sometido durante su vida útil. Para cada capa se consideran coeficientes relativos que dependen del material que las conforman, por lo tanto, podemos decir que el pavimento tendrá mayor capacidad de soporte mientras mayor sea el número estructural y viceversa.

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

$$\mathbf{SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \quad \underline{Ec.12.}}$$

Dónde:

$\mathbf{D_{1,2,3}}$ = espesores de capas asfálticas, base y sub-base respectivamente en (pulgadas).

$\mathbf{a_i}$ =coeficiente estructural de capa i, dependiente de su módulo

$\mathbf{m_i}$ = coeficientes de drenaje para capas no estabilizadas, dependiente del tiempo requerido para drenar y del tiempo en que la humedad se encuentre en niveles cercanos a la saturación.

### **5.3. Calculo de Espesores.**

El espesor D1 para nuestro caso está definido, debido que utilizará adoquín como carpeta de rodamiento, por lo tanto,  $\mathbf{D_1 = 4}$  pulgadas.

Se calcula el número correspondiente a la capa de la siguiente forma:

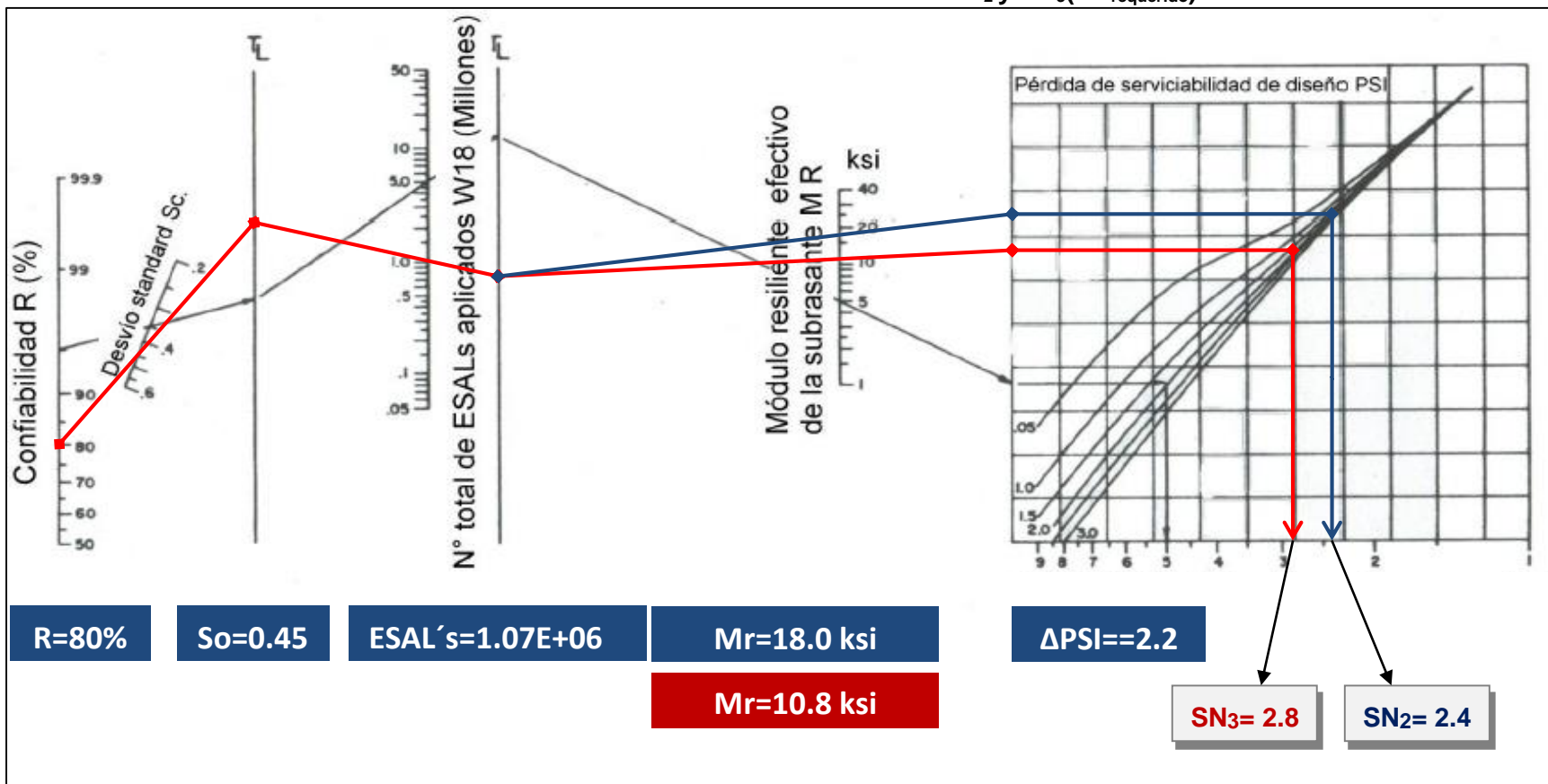
$$\mathbf{SN_1 = a_1 * D_1 \quad \underline{Ec.13.}}$$

$$\mathbf{SN_1 = (0.45) * (4.00)}$$

$$\mathbf{SN_1 = 1.8}$$

Para el cálculo de **SN<sub>2</sub>** y **SN<sub>3</sub>** (**SN<sub>requerido</sub>**), se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993), obteniendo un **SN<sub>2</sub>** de **2.4** y un **SN<sub>3</sub>** de **2.8**.

**Gráfico 12 : Obtención del Numero estructural SN<sub>2</sub> y SN<sub>3</sub>(SN<sub>requerido</sub>).**



*Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993.*

### 5.3.1. Cálculo del espesor de la base (D2) y Sub-base (D3).

Teniendo en cuenta que es conocido el valor de SN1, entonces el valor del coeficiente estructural de la base se obtiene de la siguiente manera:

**Calculo del espesor para la Base (D2):**

$$D_2 = (SN_2 - SN_1) / (a_2 * m_2) \quad \text{Ec.14.}$$

$$D_2 = (2.4 - 1.8) / (0.135 * 1.00)$$

$$D_2 = 4.44'' \text{ pulgadas}$$

Las 4.44 pulgadas será el espesor que se requiere para que **D2** (Base), resista los esfuerzos que le transmitirá la carpeta de adoquín, comprobando este espesor de acuerdo con la **Tabla 43**, de espesores mínimos resulta que, para el ESAL's de diseño de **1,070,487.00**. El espesor mínimo de la base granular es **6.00 pulgadas** (15 centímetros).

**Tabla 43: Espesores Mínimos en Función del Tráfico Esperado.**

Numero de ESAL's	Espesor mínimo (pulgadas)	
	Concreto Asfaltico	Base Granular
Menos de 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 – 500,000	2.6	4
<b>500,000 - 2,000,000</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
Más de 7,000,000	4	6

*Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993, pág. 175.*

Se corrige el número estructural SN2: utilizando espesor mínimo de 6" pulgadas

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2 \quad \text{Ec.15.}$$

$$SN_2 = (0.135) * (6.00) * (1.00)$$

$$SN_2 = 0.810$$

**Calculo del espesor para la Sub-base (D3):**

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_2 + SN_1)}{a_3 \cdot m_2} \quad \text{Ec.16.}$$

$$D_3 = \frac{2.8 - (0.810 + 1.8)}{(0.127 \cdot 1.00)}$$

$$D_3 = 1.496'' \text{ pulgadas}$$

Se corrige el número estructural  $SN_3$ : utilizando espesor mínimo de 6" pulgadas

$$SN_3 = a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

$$SN_3 = (0.127) \cdot (6.00) \cdot (1.00)$$

$$SN_3 = 0.762$$

**Comprobación:**

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN_{requerido} \quad \text{Ec.17.}$$

$$1.8 + 0.810 + 0.762 \geq 2.80$$

$$3.37 \geq 2.80 \quad \text{O.K cumple!}$$

### 5.3.2. Espesores finales de Diseño.

En base al análisis y a los resultados obtenidos, la carpeta de rodamiento del tramo de calles Barrio Villa Esperanza– Estelí será de **4 pulgadas** ya que este caso se utilizará adoquín, la base granular y sub- base será de **6 pulgadas**, los espesores detallados son los siguientes:

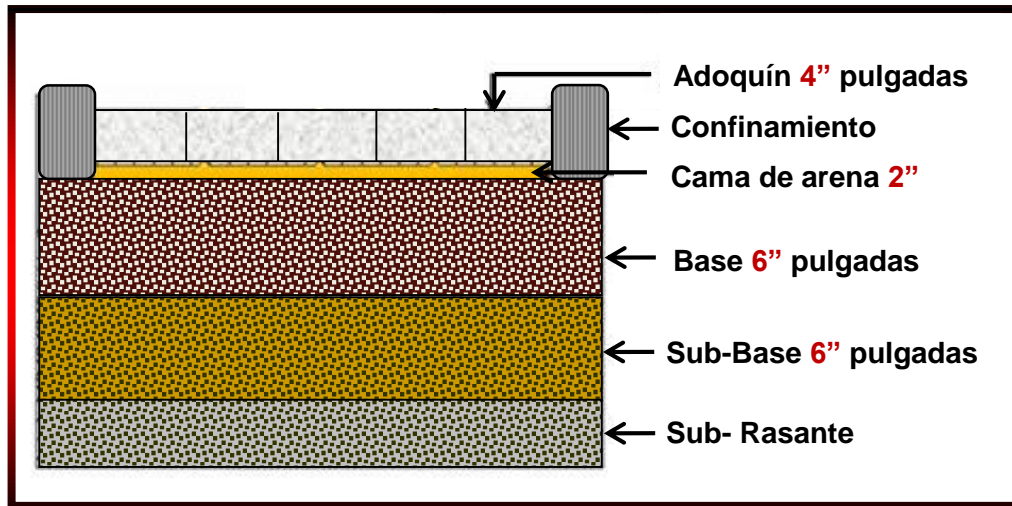
**Tabla 44: Espesores de Diseño.**

Capa	Espesor	
	Pulgadas	Centímetros
Capa de rodamiento (Adoquín)	4"	10cm
Capa de arena	2"	5cm
Base granular	6"	15cm
Sub-base	6"	15cm
<b>Espesor Total Requerido</b>	<b>16"</b>	<b>40cm</b>

*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

A como se observa en la tabla anterior, al utilizar adoquín como carpeta de rodamiento, el espesor de 5 centímetros de arena no es tomado en cuenta en la suma total del espesor requerido, dado que se considera que el lecho de arena no tiene ningún aporte estructural. Tal y como se muestra en la Imagen 3 la estructura total es de **16" pulgadas**.

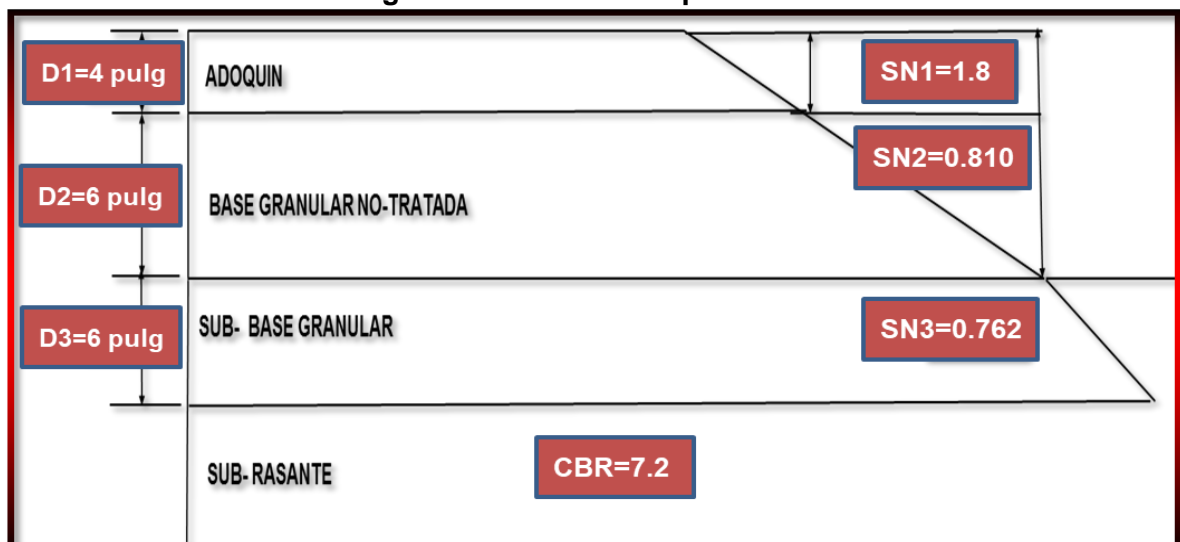
**Imagen 3 : Estructura de Pavimento Articulado.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

En resumen, se ha obtenido como resultado la siguiente estructura de pavimento donde se muestran los valores de  $SN_1$  y  $SN_2$ , además de los espesores  $D_1$  y  $D_2$ .

**Imagen 4 : Estructura de pavimento.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

#### 5.4. Uso del programa WinPAS.

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos anteriores, se determinaron los espesores de las diferentes capas de pavimento utilizando el programa WinPAS. El cual resulta una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño.

Imagen 5 : Software de diseño WinPAS.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

El primer paso es seleccionar la pestaña de diseño/evaluaciones, donde se nos abrirá una nueva ventana que nos mostrará tres opciones de diseño, donde en este caso se tendrá que elegir la opción 2 de diseño/evaluaciones de pavimento asfáltico.



Imagen 6 : Selección del Tipo de Pavimento a diseñar.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Luego se abrirá otra ventana que es donde se deben introducir los datos iniciales para el diseño:

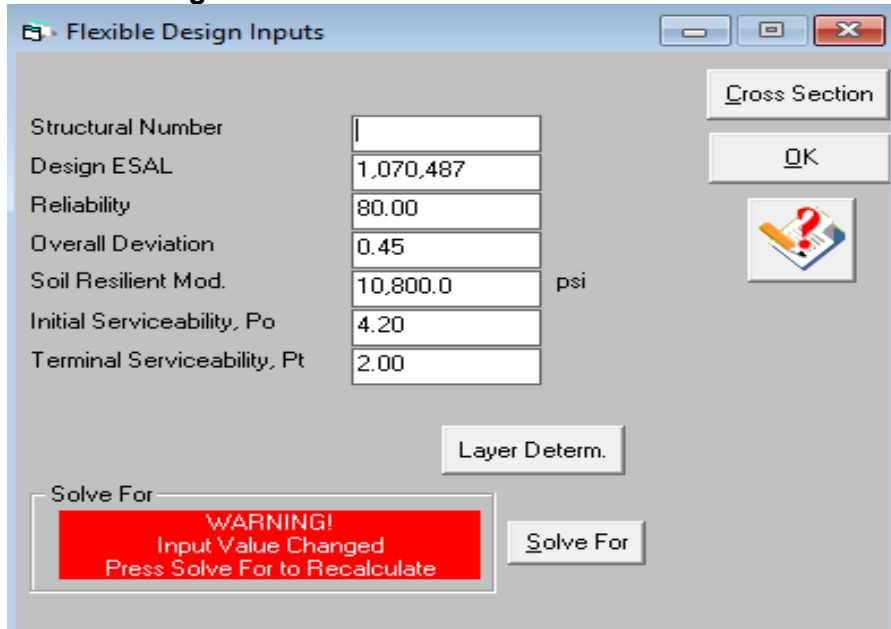
Tabla 45: Resumen de datos para calcular espesores en el programa WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Consideraciones del Diseño AASHTO 93	Valores a utilizar
ESAL de diseño	<b>1,070,487.00</b>
Confiabilidad	80%
Valor desviador (Zr)	-0.841
Desviación Estándar (So)	0.45
Módulo de Resiliencia	10,800
Serviciabilidad inicial (Po)	4.2
Serviciabilidad Final (Pt)	2.0
$\Delta$ PSI	2.2
Coefficiente de drenaje (mi)	1.00
Coefficiente de capa, Adoquín (a <sub>1</sub> )	0.45
Coefficiente de capa, Base granular(a <sub>2</sub> )	0.135
Coefficiente de capa, Sub-base Granulas(a <sub>3</sub> )	0.127

Fuente: Elaborado por Sustentante.

No se debe escribir el número estructural, ya que este lo calcula el programa después de haber digitado el resto de datos, dando click en la pestaña resolver (*Solve for*).

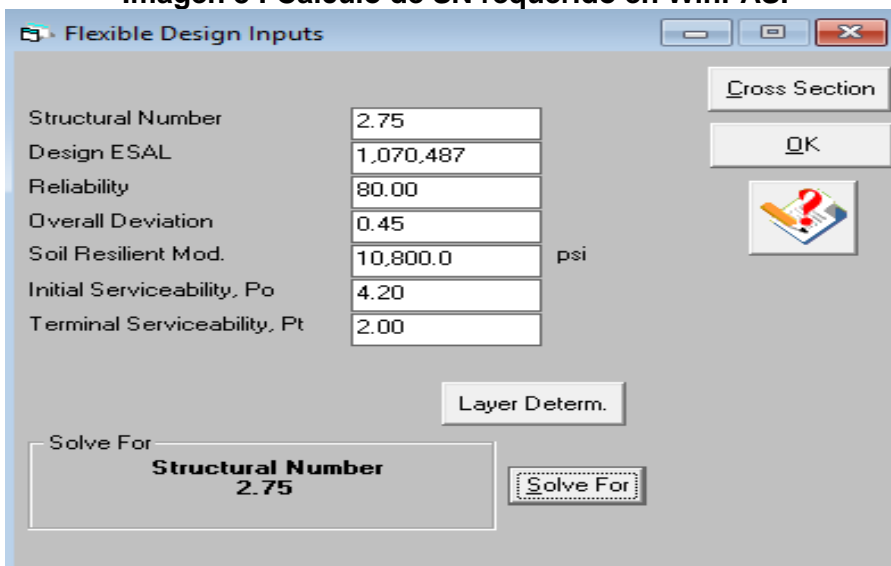
**Imagen 7 : Introducción de Datos en WinPAS.**



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Después de haber dado click en la pestaña *resolver (Solve for)*. Según el software WinPAS se requiere un **SN=2.75**.

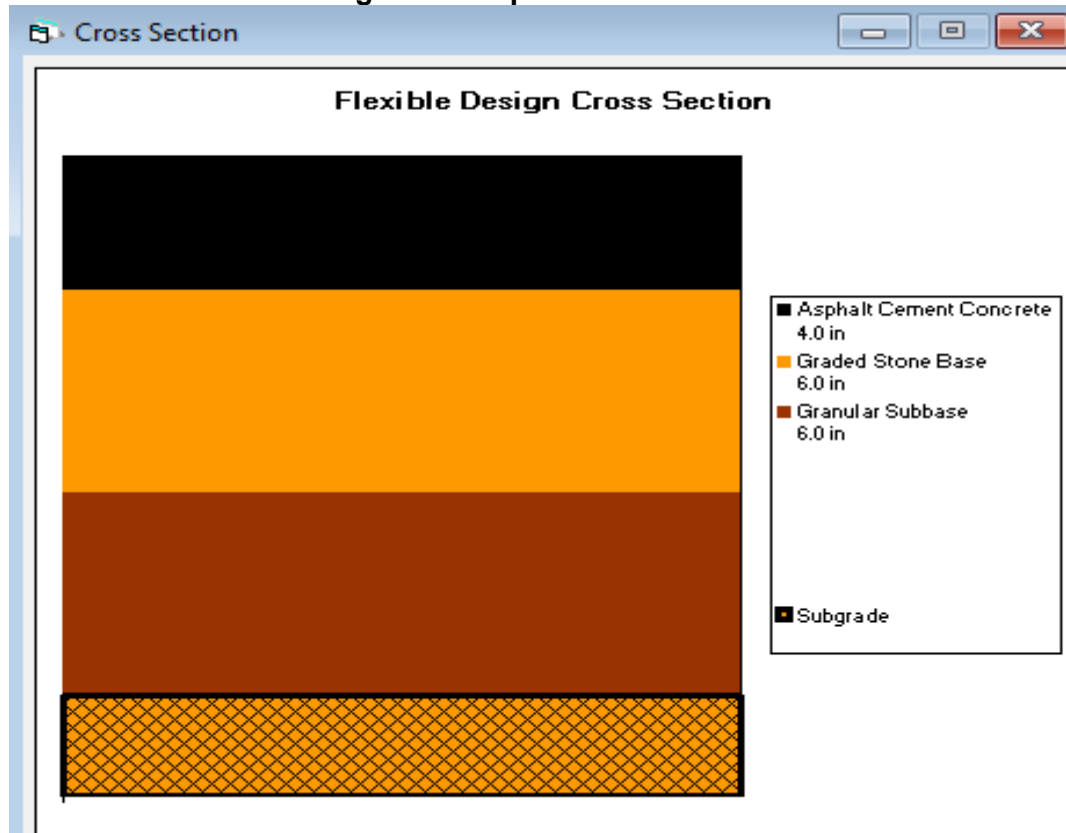
**Imagen 8 : Calculo de SN requerido en WinPAS.**



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).



Imagen 11 : Espesores de Diseño.



*Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).*

Obteniendo así una suma total para la estructura de pavimento articulado de **16” pulgadas.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA.**



**ESTUDIO HIDROLÓGICO Y  
DISEÑO HIDRÁULICO  
CAPÍTULO VI**

## **6.1. Metodología.**

El estudio consta de dos partes, el análisis hidrológico y el análisis hidráulico; para el análisis hidrológico se obtuvo los datos de intensidades de lluvia de la estación pluviométrica más cercana en este caso es la de Cóndega para estimar el caudal correspondiente, para esto fue necesario obtener información sobre las características y parámetros de la cuenca donde se desea hacer estimaciones; como el área, pendiente, el tipo de suelo entre otros; con los caudales obtenidos se diseñan cada una de las estructuras para verificar su capacidad hidráulica, sino cumplieren, se dimensionarán nuevas estructuras.

Para alcanzar el objetivo propuesto se realizaron las siguientes actividades:

Se realizó una inspección de campo para observar las características topográficas del terreno, tipo de suelo y valorar las condiciones actuales de las estructuras de drenaje contenidas en el tramo en estudio.

Se procedió a delimitar la cuenca hidrográfica de la corriente. Una vez definidos los datos de la cuenca del proyecto, se procedió a realizar los cálculos hidrológicos e hidráulicos. Se tomaron los criterios de diseño de la Guía Hidráulica para el Diseño de Estructuras de Drenaje en Caminos Rurales (PAST-DANIDA).

### **6.1.1. Estudio Hidrológico.**

Los estudios hidrológicos permiten determinar el caudal de diseño de la estructura, el cual está en correspondencia con el tamaño y característica de la cuenca, su cubierta de suelo y la tormenta de diseño. De acuerdo a la Guía Hidráulica para el Diseño de Estructuras de Drenaje en Caminos Rurales, el estudio hidrológico se ha dividido según el tamaño en: método para cuencas menores y cuencas medianas.

### 6.1.1.1. Método Racional para Cuencas menores a 300 Hectáreas.

El método utilizado para determinar el caudal del diseño de una cuenca pequeña es el método racional, presentado por Emil Kuichling en 1889 y mejorado posteriormente por otros. Este método asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando todas las partes del área tributaria están contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana hasta llegar al punto considerado o el tiempo de concentración ( $T_c$ ).

El método racional está representado por la siguiente ecuación:

$$Q = 0.2778 * C * I * A \quad \text{Ec.18.}$$

**Dónde:**

**Q:** Caudal ( $m^3/s$ ).

**I:** Intensidad de la lluvia (mm/hora).

**A:** Área de drenaje de la sub-cuenca (kilómetros cuadrados).

**C:** Coeficiente de escorrentía.

### 6.1.1.2. Identificación de Micro - cuencas.

El tamaño de la sub-cuenca está determinado por las limitaciones del método racional que se aplica en cuencas cuya área de aportación es menor de 300 Ha. Para cada sub-cuenca se determinan las características hidrometeorológicas como son: área, longitud, pendiente, tiempo de concentración intensidad duración frecuencia y caudal.

Para la determinación del área de drenaje existen diferentes métodos, en este caso se se utilizó el programa Google Earth (**Ver Anexos, Imágenes 44 a 48, pág. XXIV a XXVII**).

Este método es de los más modernos y además de determinar el área se pueden efectuar otros procedimientos que facilitan la realización del estudio hidrológico.

**Tabla 46: Características de Micro- cuencas Cunetas.**

MICRO CUENCAS	Estación		Perímetro	Área	Área	Elev. Superior	Elev. Inferior
	Inicial	Final	m	m2	Km2	msnm	msnm
MC-1	0+000	0+148	528	1256.1	0.0012561	847.48	846.5
MC-2	0+000	0+048	179	1103.2	0.0011032	846.97	846.64
MC-3	0+052	0+098	213	1108	0.001108	847.22	846.97
MC-4	0+105	0+148	163	1028.8	0.0010288	847.32	847.22
MC-5	0+156	0+217	203	1040	0.00104	847.38	846.84
MC-6	0+156	0+200	153	884	0.000884	847.98	847.19
MC-7	0+207	0+217	140	731.2	0.0007312	847.19	846.84
MC-8	0+275	0+380	281	1101.1	0.0011011	846.94	846.23
MC-9	0+276	0+377	278	1107.7	0.0011077	846.84	846.26
MC-10	0+390	0+537	212	951.2	0.0009512	846.20	843.46
MC-11	0+388	0+537	234	1796.8	0.0017968	846.20	843.46
MC-12	0+541	0+627	208	1506.4	0.0015064	844.90	843.56
MC-13	0+541	0+623	243	1845.6	0.0018456	844.82	843.56
MC-14	0+631	0+800	238	1270.5	0.0012705	844.85	843.58
MC-15	0+635	0+800	203	1136	0.001136	844.78	843.65

*Fuente: Elaborado por Sustentante.*



**Tabla 47: Características de Micro- cuencas Vados.**

MICRO CUENCAS	Estación	Perímetro	Área	Área	Elev. Superior	Elev. Inferior
		metros	m2	Km2	msnm	msnm
MC-16	0+000	230	2404	0.002404	848.7	847.15
MC-17	0+051	245	2860	0.00286	849.1	847.15
MC-18	0+102	213	2490	0.00249	847.5	847.32
MC-19	0+152	200	2180	0.00218	848.1	847.19
MC-20	0+205	242	2084	0.002084	849.4	846.84
MC-21	0+267	241	1933	0.001933	849.8	846.94
MC-22	0+275	183	1578	0.001578	849.7	846.1
MC-23	0+385	331	5982	0.005982	846.98	846.2
MC-24	0+385	281	3985	0.003985	846.9	843.26
MC-25	0+537	321	4235	0.004235	846.2	844.2
MC-26	0+631	169	2267	0.002267	847.2	843.65
MC-27	0+800	233	3853	0.003853	847.4	843.65

Fuente: Elaborado por Sustentante.

### 5.1.1.3. Pendiente (Sc).

Es la pendiente del fondo del cauce principal, se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$Sc = \frac{H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}}{L} \quad \text{Ec.19.}$$

**Dónde:**

**Sc:** Pendiente en m/m.

**Hmáx:** Elevación máxima de la sub-cuenca.

**Hmín:** Elevación mínima de la sub-cuenca.

**L:** Longitud.

Los valores obtenidos de Sc por tipo de obra de drenaje son los siguientes:

**Tabla 48: Valores de Sc para Cunetas.**

MICRO CUENCAS	Estación		Long. de cuenca m	Elev. Superior msnm	Elev. Inferior msnm	Sc	
	Inicial	Final				m/m	%
MC-1	0+000	0+148	148	847.48	846.5	0.007	0.70%
MC-2	0+000	0+048	48	846.97	846.64	0.0069	0.69%
MC-3	0+052	0+098	46	847.22	846.97	0.0054	0.54%
MC-4	0+105	0+148	43	847.32	847.22	0.0023	0.23%
MC-5	0+156	0+217	111	847.38	846.84	0.0049	0.49%
MC-6	0+156	0+200	44	847.98	847.19	0.0180	1.80%
MC-7	0+207	0+217	60	847.19	846.84	0.0058	0.58%
MC-8	0+275	0+380	105	846.94	846.23	0.0068	0.68%
MC-9	0+276	0+377	101	846.84	846.26	0.0057	0.57%
MC-10	0+390	0+537	147	846.2	843.46	0.0186	1.86%
MC-11	0+388	0+537	149	846.2	843.46	0.0184	1.84%
MC-12	0+541	0+627	86	844.9	843.56	0.0156	1.56%
MC-13	0+541	0+623	82	844.82	843.56	0.0154	1.54%
MC-14	0+631	0+800	169	844.85	843.58	0.0075	0.75%
MC-15	0+635	0+800	165	844.78	843.65	0.0068	0.68%

Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Tabla 49: Valores de Sc para Vados.**

MICRO CUENCAS	Estación	Long. de cuenca metros	Elev. Superior msnm	Elev. Inferior msnm	Sc	
					m/m	%
MC-16	0+000	134	848.7	847.15	0.0116	1.16%
MC-17	0+051	142	849.1	847.15	0.0137	1.37%
MC-18	0+102	47	847.5	847.15	0.0074	0.74%
MC-19	0+152	94	848.1	847.32	0.0083	0.83%
MC-20	0+205	138	849.4	847.19	0.0160	1.60%
MC-21	0+267	133	849.8	846.84	0.0223	2.23%
MC-22	0+275	53	849.7	846.94	0.0521	5.21%
MC-23	0+385	182	846.98	846.10	0.0048	0.5%
MC-24	0+385	105	846.90	846.20	0.0067	0.67%
MC-25	0+537	180	846.20	843.26	0.0163	1.63%
MC-26	0+631	65	847.2	844.20	0.0462	4.62%
MC-27	0+800	156	847.40	843.65	0.0240	2.40%

Fuente: Elaborado por Sustentante.

#### 6.1.1.4. Coeficiente de Escorrentía.

El coeficiente de escorrentía “C” está dado en dependencia de tres factores; el tipo de suelo, el uso del suelo y de la pendiente del suelo, se define como la proporción de la precipitación total que circula hacia el drenaje y está dada por la ecuación: (Loaisiga, Tirado, & Lanza, 2011). Se determina con la siguiente ecuación:

$$C = Us * Ts * Pt \quad \text{Ec.20.}$$

**Dónde:**

**Us:** uso del suelo.

**Ts:** tipo de suelo.

**Pt:** pendiente del terreno en %.

Los valores del tipo de suelo, uso de suelo y pendiente del suelo son tomados de la tabla siguiente:

**Tabla 50: Coeficiente de escorrentía (C).**

Uso de Suelo	Us
Vegetación densa, cafetal con sombras, pastos	0.04
Malezas, arbustos, solar Baldío, cultivos perennes, parques, cementerios, campos deportivos	0.06
Sin Vegetación o con cultivos anuales	0.1
Zonas suburbanas (viviendas, negocios)	0.2
Casco Urbano y zonas industriales	0.30-0.50
Tipo de Suelo	Ts
Permeable (terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez)	1.00
Semipermeable (terreno arcilloso arenoso)	1.25
Impermeable (terreno arcilloso, limoso, marga)	1.50
Pendiente del Terreno (%)	Pt
0.0-3.0	1.00
3.1-5.00	1.50
5.1-10.0	2.00
10.1-20.0	2.50
20.1 y mas	3.00

Fuente: Loaisiga Tirado & Lanza (2011).

Los valores del tipo de suelo, uso de suelo y pendiente del suelo obtenidos son:

**Tabla 51: Datos de Us, Ts y Pt para Cunetas.**

MICRO CUENCAS	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pt	Coefficiente de escorrentía (C)
MC-1	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-2	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-3	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-4	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-5	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-6	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-7	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-8	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-9	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-10	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-11	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-12	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-13	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-14	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300
MC-15	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	1.00	0.300

Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Tabla 52: Datos de Us, Ts y Pt para Vados.**

MICRO CUENCAS	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pt	Coefficiente de escorrentía (C)
MC-16	Zona Urbana	0.20	impermeable	0.0 - 3.00	1.00	0.300
MC-17	Zona Urbana	0.20	impermeable	0.0 - 3.00	1.00	0.300
MC-18	Zona Urbana	0.20	impermeable	0.0 - 3.00	1.00	0.300
MC-19	Zona Urbana	0.20	impermeable	0.0 - 3.00	1.00	0.300
MC-20	Zona Urbana	0.20	impermeable	0.0 - 3.00	1.00	0.300
MC-21	Zona Urbana	0.20	impermeable	0.0 - 3.00	1.00	0.300
MC-22	Zona Urbana	0.20	impermeable	5.1 - 10.0	2.00	0.600
MC-23	Zona Urbana	0.20	impermeable	0.0 - 3.00	1.00	0.300
MC-24	Zona Urbana	0.20	impermeable	0.0 - 3.00	1.00	0.300
MC-25	Zona Urbana	0.20	impermeable	0.0 - 3.00	1.00	0.300
MC-26	Zona Urbana	0.20	impermeable	3.1 - 5.00	1.50	0.450
MC-27	Zona Urbana	0.20	impermeable	0.0 - 3.00	1.00	0.300

Fuente: Elaborado por Sustentante.

### 6.1.1.5. Tiempo de Concentración (tc).

Se puede definir como el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto a la salida de la cuenca hidrográfica. Se calcula aplicando el método del proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

$$Tc = 0.0041 * \left( \frac{3.28 * L}{\sqrt{Sc}} \right) \quad \text{Ec.21.}$$

**Dónde:**

**Tc:** Tiempo de concentración en minutos.

**L:** Longitud máxima en metros.

**S:** Pendiente media del terreno.

Los valores obtenidos de Tc por tipo de obra de drenaje son los siguientes:

**Tabla 53: Valores de Tc para Cunetas.**

MICRO-CUENCAS	Longitud de cuenca	Sc	tc
	m	m/m	minutos
MC-1	148	0.0066	3.31
MC-2	48	0.0069	1.37
MC-3	46	0.0054	1.45
MC-4	43	0.0023	1.91
MC-5	111	0.0049	2.99
MC-6	44	0.0180	0.89
MC-7	60	0.0058	1.74
MC-8	105	0.0068	2.52
MC-9	101	0.0057	2.61
MC-10	147	0.0186	2.21
MC-11	149	0.0184	2.25
MC-12	86	0.0156	1.57
MC-13	82	0.0154	1.52
MC-14	169	0.0075	3.49
MC-15	165	0.0068	3.55

*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

La Guía Hidráulica para el Diseño de Estructuras de Drenaje en Caminos Rurales recomienda que en cuencas muy pequeñas en donde los valores de  $T_c$  sean menores a 5 minutos, se debe tomar este valor como mínimo. Ya que ninguna de las micro-cuencas de la tabla 51 cumple, para cunetas se tomará  **$T_c=5$  minutos**.

**Tabla 54: Valores de  $T_c$  para Vados.**

MICRO-CUENCAS	Longitud de cuenca	$S_c$	$T_c$
	m	m/m	Minutos
MC-16	134	0.0116	2.47
MC-17	142	0.0137	2.42
MC-18	101	0.0074	2.36
MC-19	94	0.0083	2.14
MC-20	138	0.0160	2.23
MC-21	133	0.0223	1.91
MC-22	53	0.0521	0.68
MC-23	182	0.0048	4.38
MC-24	105	0.0067	2.54
MC-25	180	0.0163	2.72
MC-26	65	0.0462	0.83
MC-27	156	0.0240	2.10

*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

Ya que ninguna de las micro-cuencas de la tabla 54 cumple, para badenes se tomará  **$T_c=5$  minutos**.

#### **6.1.1.6. Período de Retorno.**

La lluvia de diseño de un sistema de aguas lluvias es un tema relativamente complejo, puesto que depende del grado de seguridad ante las inundaciones que requiera la ciudadanía, o sea el período de retorno de la misma.

Como adaptación de la infraestructura ante los procesos del cambio climático, a nuestro criterio establecemos:

**Tabla 55: Periodo de Retorno (PR) para Cunetas.**

<b>Obra de Drenaje: Cunetas</b>		
<b>Periodo de Retorno (PR)</b>	<b>Micro-Cuencas</b>	<b>Observación</b>
25 años	MC-1, MC-2, MC-3, MC-4, MC-5, MC-6, MC-7, MC-8, MC-9, MC-10, MC-11, MC-12, MC-13, MC-14, MC-15	El PR depende del tipo de carretera y el tipo de obra de drenaje a utilizarse.

*Fuente: PAST-DANIDA, 2004.*

**Tabla 56: Periodo de Retorno (PR) para Vados.**

<b>Obra de Drenaje: Vados</b>		
<b>Periodo de Retorno (PR)</b>	<b>Micro-Cuencas</b>	<b>Observación</b>
25 años	MC-16, MC-17, MC-18, MC-19, MC-20, MC-21, MC-22, MC-23, MC-24, MC-25, MC-26 y MC-27	El PR depende del tipo de carretera y el tipo de obra de drenaje a utilizarse.

*Fuente: PAST-DANIDA, 2004, p. 17.*

#### **6.1.1.7. Intensidad Duración Frecuencia (IDF).**

La intensidad se expresa como el promedio de la lluvia en mm/hora para un periodo de retorno determinado y una duración igual al tiempo de concentración ( $T_c$ ) de la cuenca. Los valores de las intensidades se pueden obtener a partir de las curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF) que elabora INETER o determinarse mediante cálculo con las ecuaciones que se ajustan a dichas curvas calculadas por el mismo instituto. Se utiliza una ecuación en la cual se entra con la duración en minutos y se obtiene la intensidad:

$$I = \frac{A}{(Tc+d)^b} \quad \text{Ec.22.}$$

**Dónde:**

**A, d y n:** Valores determinados con los datos de intensidad de lluvia.

**I:** Intensidad de lluvia (mm/hora).

Para realizar este cálculo se utilizarán los valores de la estación meteorológica de Condega en el departamento de Estelí que es la más cercana al proyecto, considerando un periodo de retorno de 25 años para cunetas y vados.

**Tabla 57: Valores a utilizar de A, d y b.**

VADO		CUNETAS	
A=	4502.393	A=	4502.393
d=	22	d=	22
b=	0.969	b=	0.969

Fuente: INETER, Past- Danida (2004).

A continuación, se presenta la memoria de cálculo del análisis hidrológico:

**Tabla 58: Intensidades y Caudales de diseño para Cunetas.**

MICRO CUENCAS	Periodo de Retorno (PR)	Área km <sup>2</sup>	C	tc	A	d	b	I mm/h	Caudal
	años			minutos					m <sup>3</sup> /s
MC-1	25	0.0013	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.019
MC-2	25	0.0011	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.017
MC-3	25	0.0011	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.017
MC-4	25	0.0010	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.016
MC-5	25	0.0010	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.016
MC-6	25	0.0009	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.014
MC-7	25	0.0007	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.011
MC-8	25	0.0011	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.017
MC-9	25	0.0011	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.017
MC-10	25	0.0010	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.015
MC-11	25	0.0018	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.028
MC-12	25	0.0015	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.023
MC-13	25	0.0018	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.028
MC-14	25	0.0013	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.020
MC-15	25	0.0011	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.017

Fuente: Elaborado por Sustentante.



**Tabla 59:. Intensidades y Caudales de diseño para Vados.**

MICRO CUENCAS	Periodo de Retorno (PR)	Área km2	C	tc minutos	A	d	b	I	Caudal
	años							mm/hora	m3/s
MC-16	25	0.0024	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.037
MC-17	25	0.0029	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.044
MC-18	25	0.0025	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.038
MC-19	25	0.0022	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.034
MC-20	25	0.0021	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.032
MC-21	25	0.0019	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.030
MC-22	25	0.0016	0.600	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.049
MC-23	25	0.0060	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.092
MC-24	25	0.0040	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.061
MC-25	25	0.0042	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.065
MC-26	25	0.0023	0.450	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.052
MC-27	25	0.0039	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.059

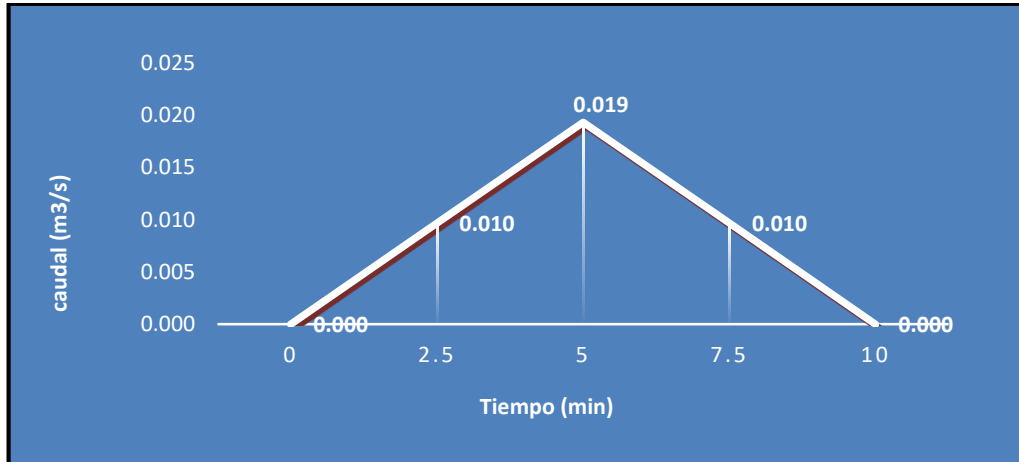
Fuente: Elaborado por Sustentante.

#### 6.1.1.8. Hidrograma Triangular Sintético.

A partir de los datos obtenidos del tiempo de concentración y caudal, se generan los hidrogramas correspondientes para cada sub-cuenca. Como criterio se establece que la duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración, que a la vez es el tiempo pico del Hidrograma; definiendo la ordenada para los valores del caudal y la abscisa para el tiempo. A continuación, se detallan la realización de los hidrogramas triangulares sintéticos donde se muestran tiempos y caudales interpolados.

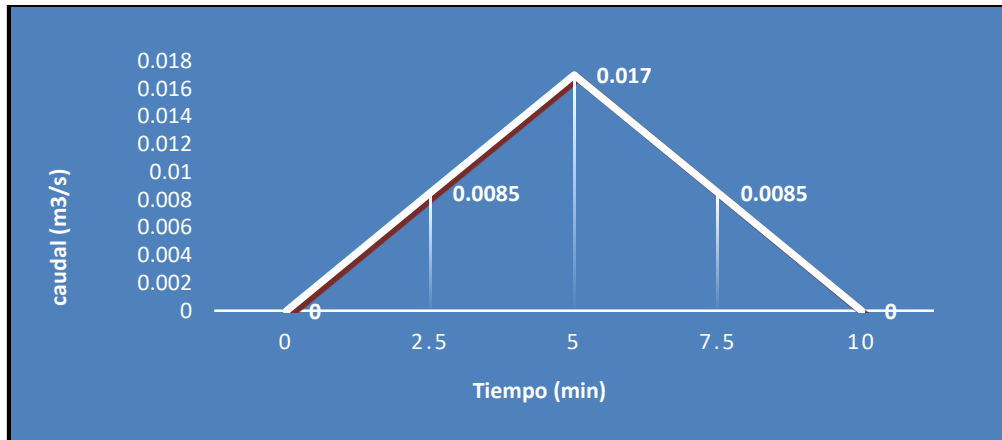
## Hidrogramas Triangulares Sintéticos para Cunetas.

**Grafico 13: Cuneta MC-1.**



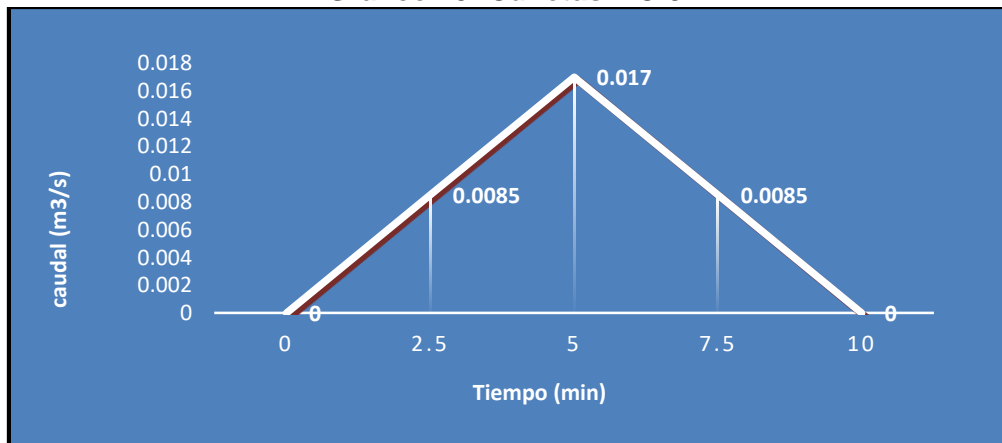
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Grafico 14: Cuneta MC-2.**



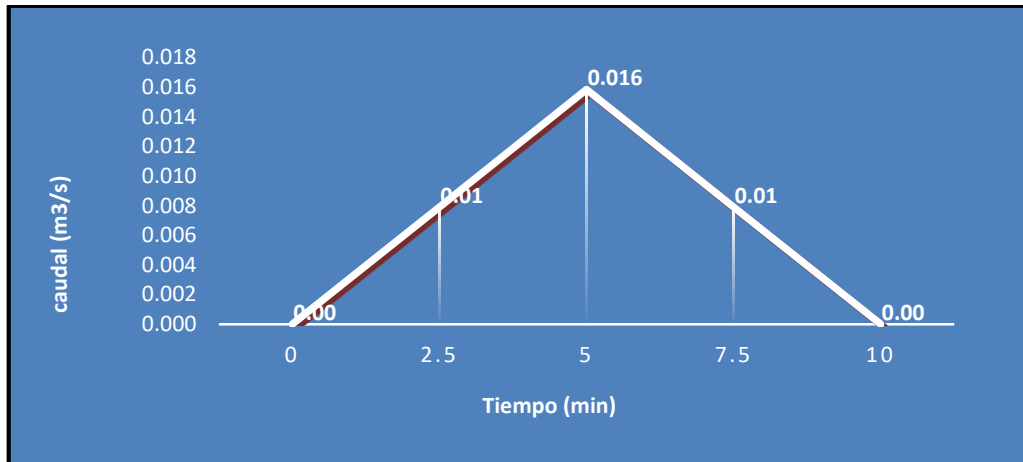
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Grafico 15: Cunetas MC-3.**



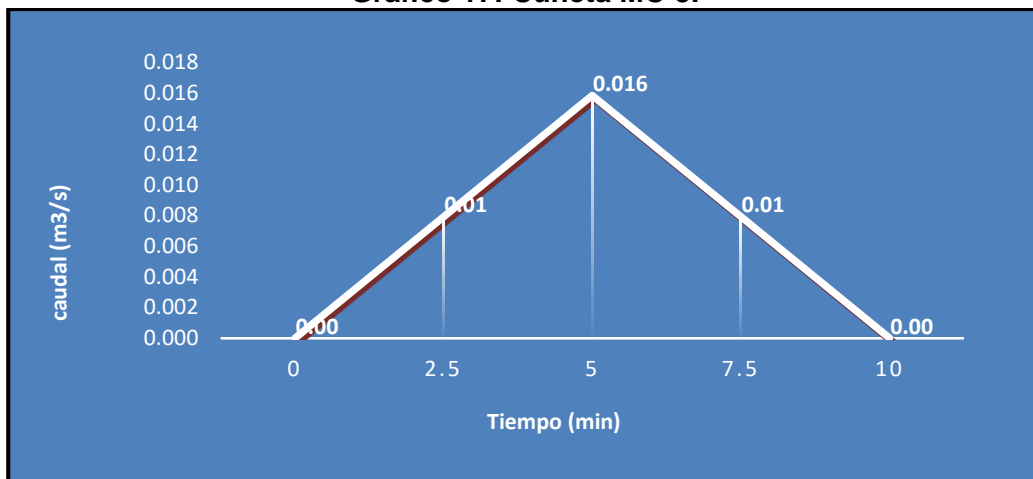
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Grafico 16: Cuneta MC-4.**



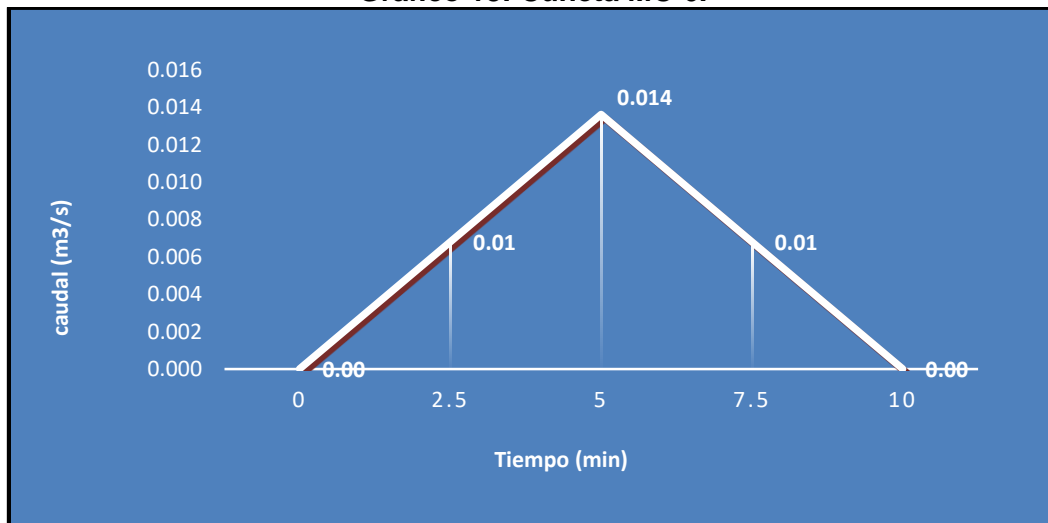
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 17: Cuneta MC-5.**



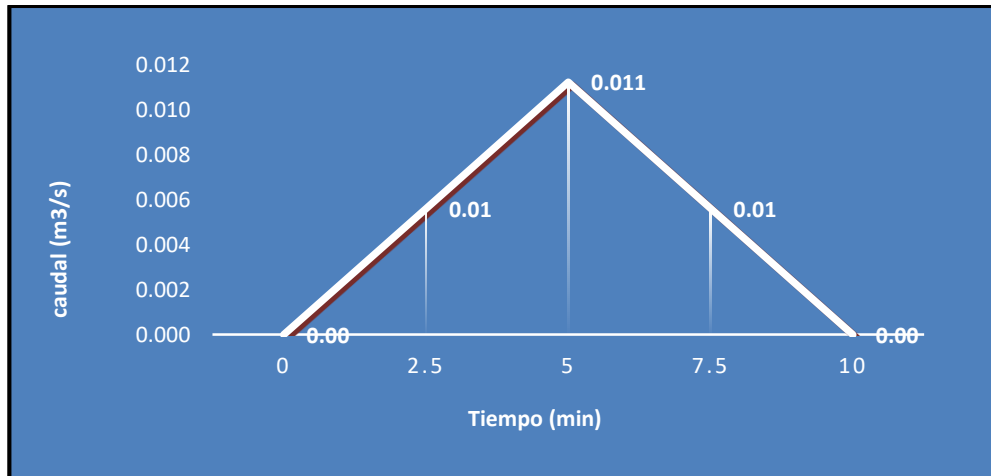
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 18: Cuneta MC-6.**



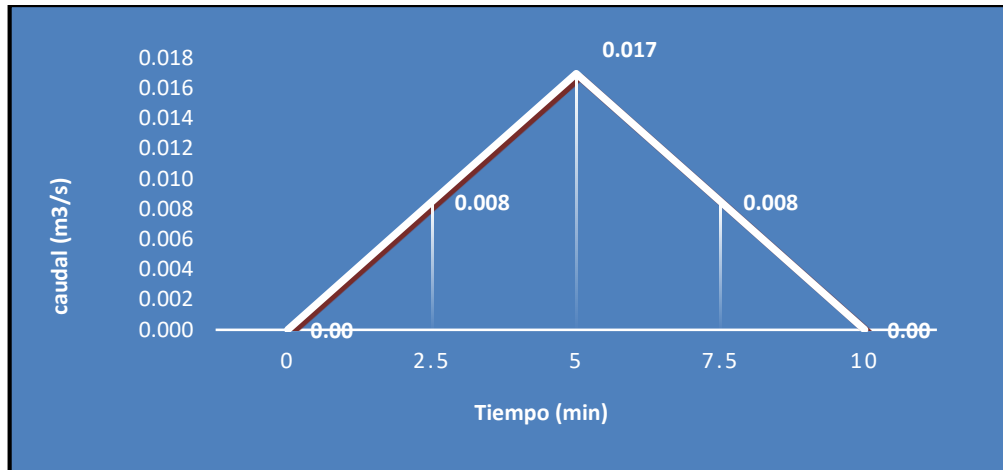
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 19: Cuneta MC-7.**



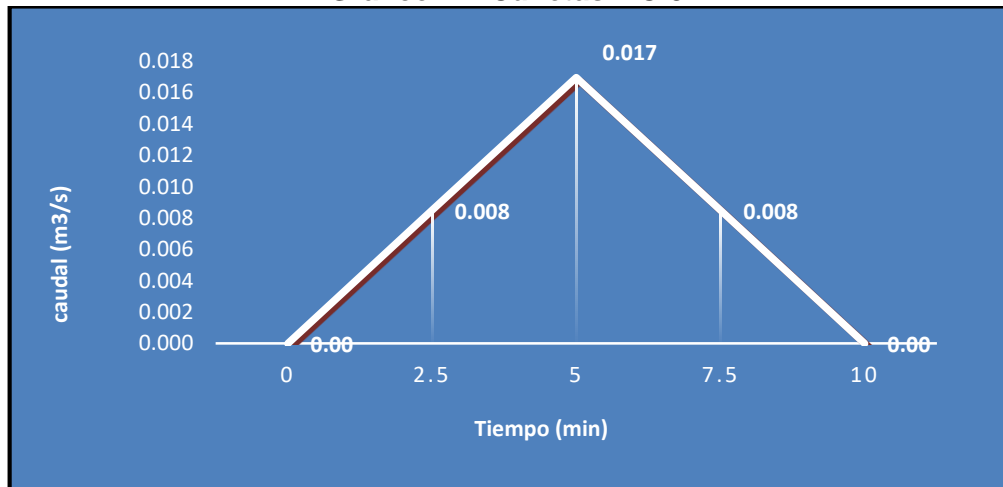
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 20: Cuneta MC-8.**



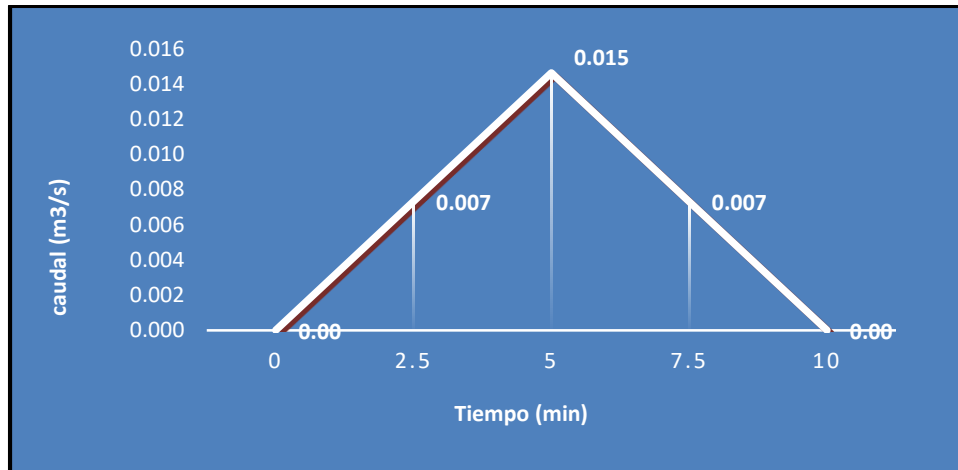
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 21: Cunetas MC-9.**



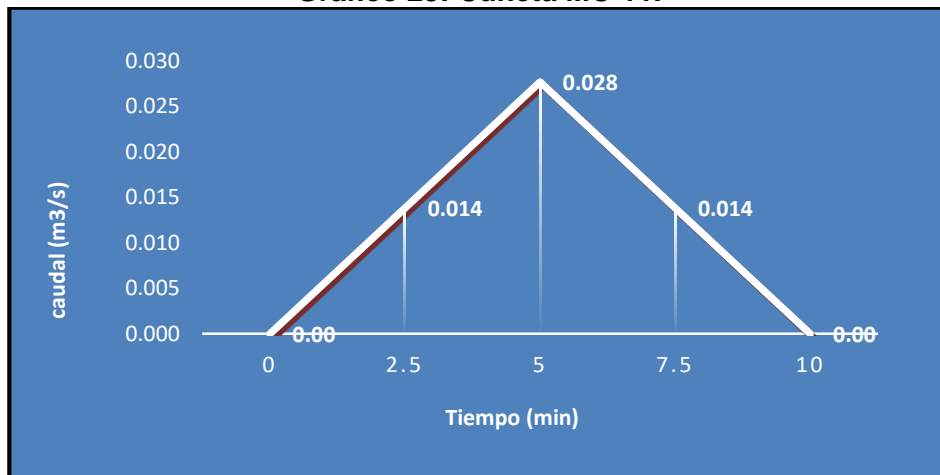
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 22: Cuneta MC-10.**



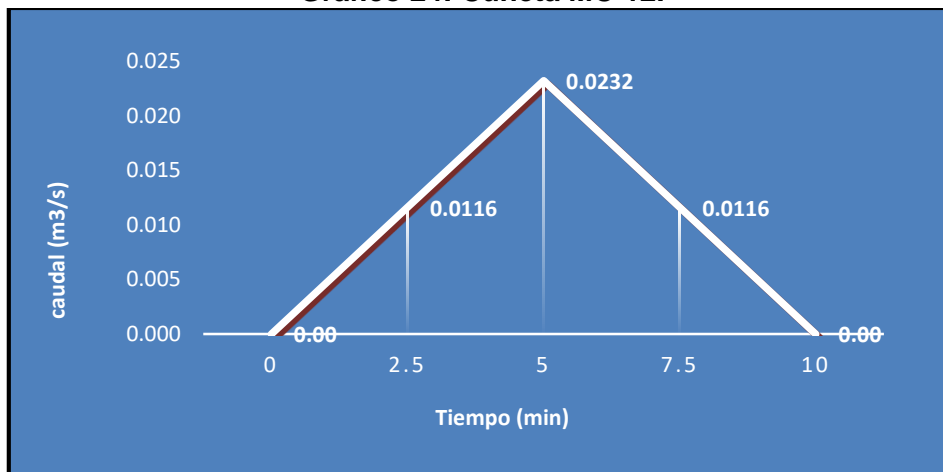
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 23: Cuneta MC-11.**



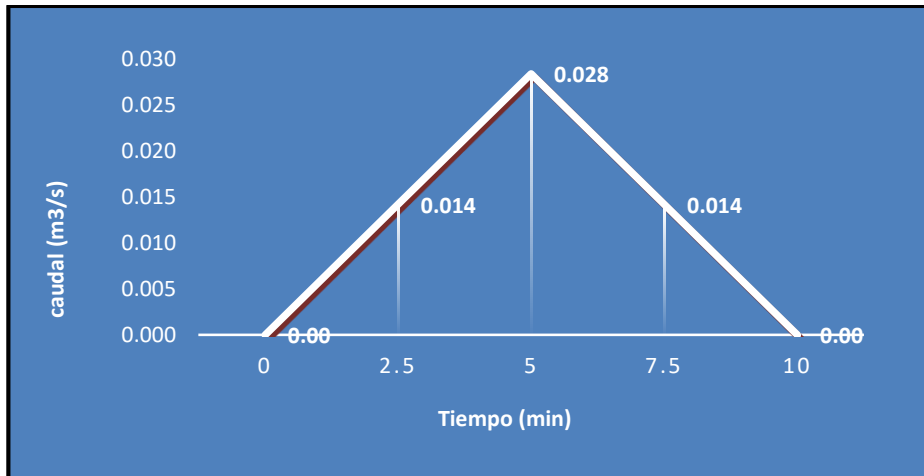
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 24: Cuneta MC-12.**



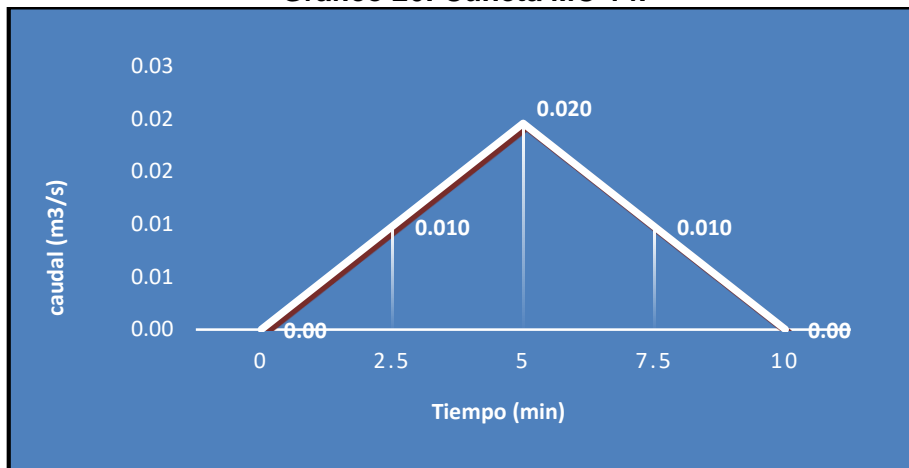
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 25: Cuneta MC-13.**



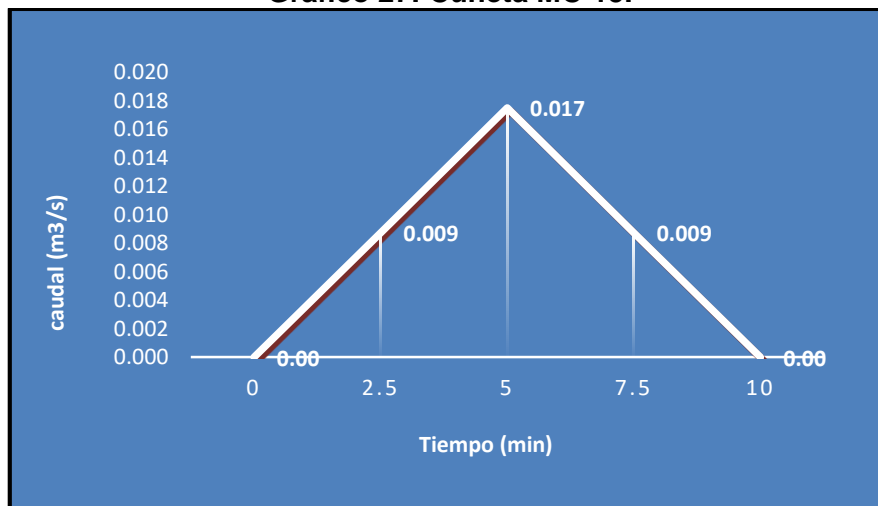
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 26: Cuneta MC-14.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

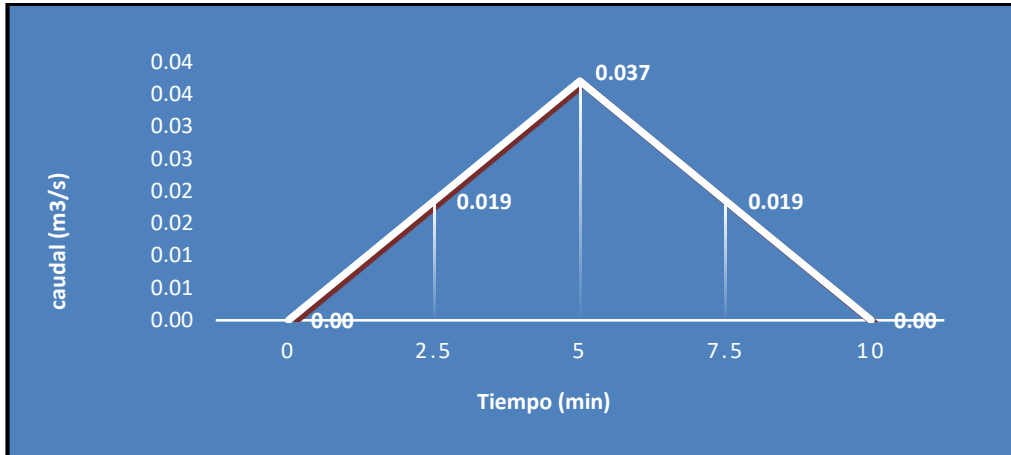
**Grafico 27: Cuneta MC-15.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

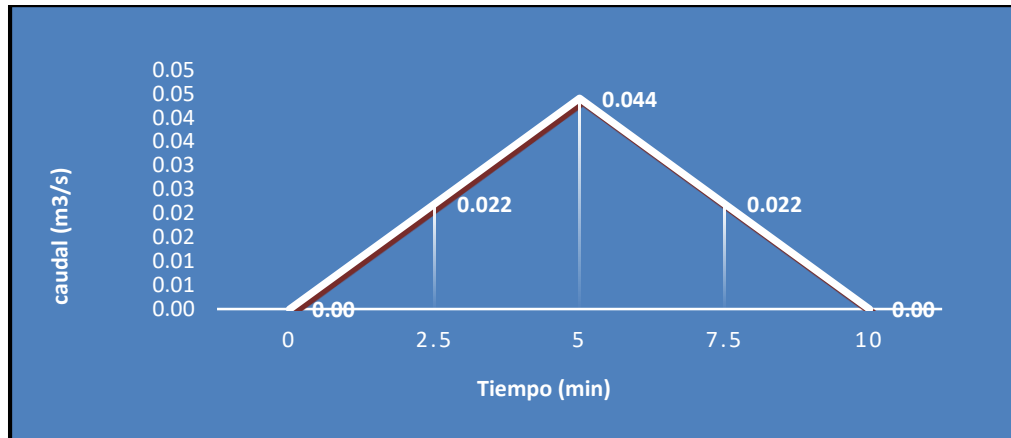
## Hidrogramas Triangulares Sintéticos para Vados.

**Grafico 28: Vado MC-16.**



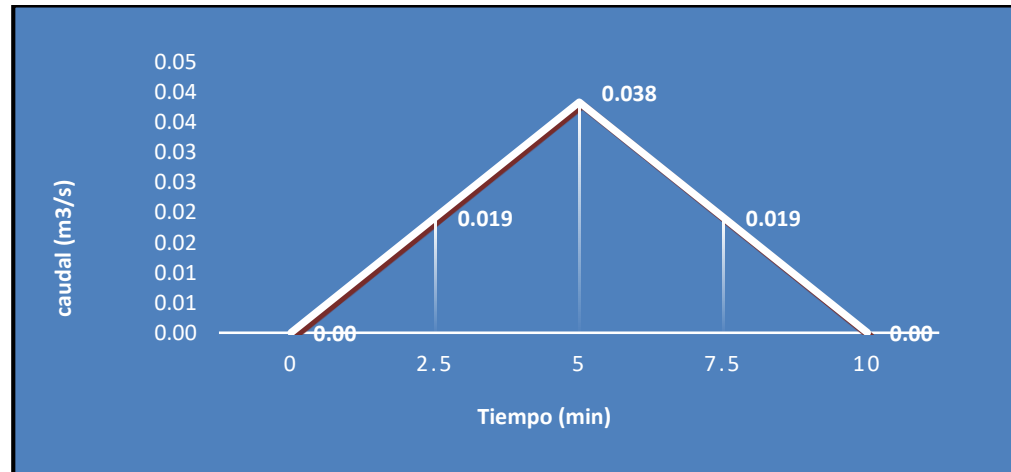
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 29: Vado MC-17.**



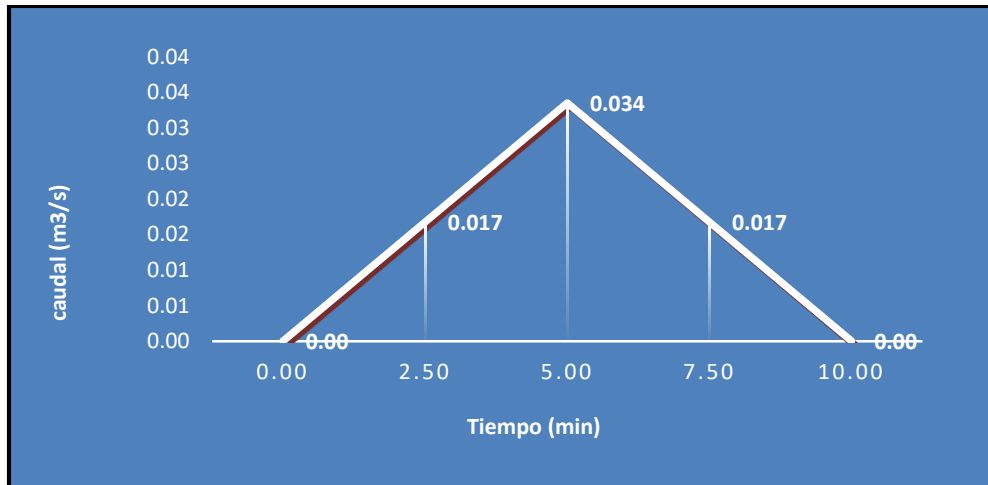
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 30: Vado MC-18.**



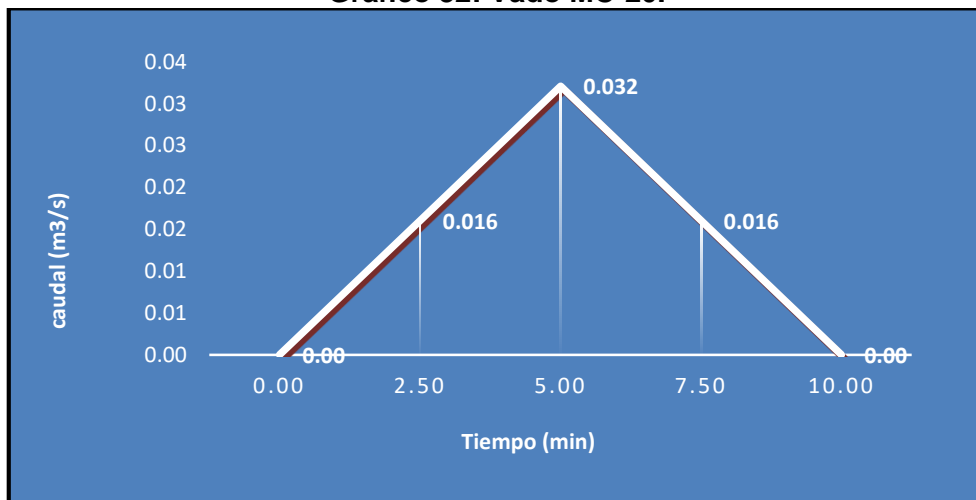
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 31: Vado MC-19.**



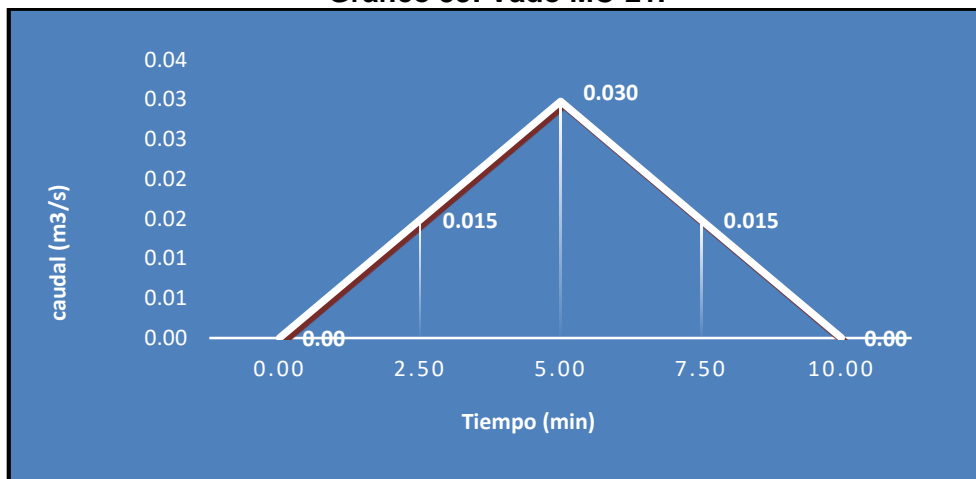
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 32: Vado MC-20.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

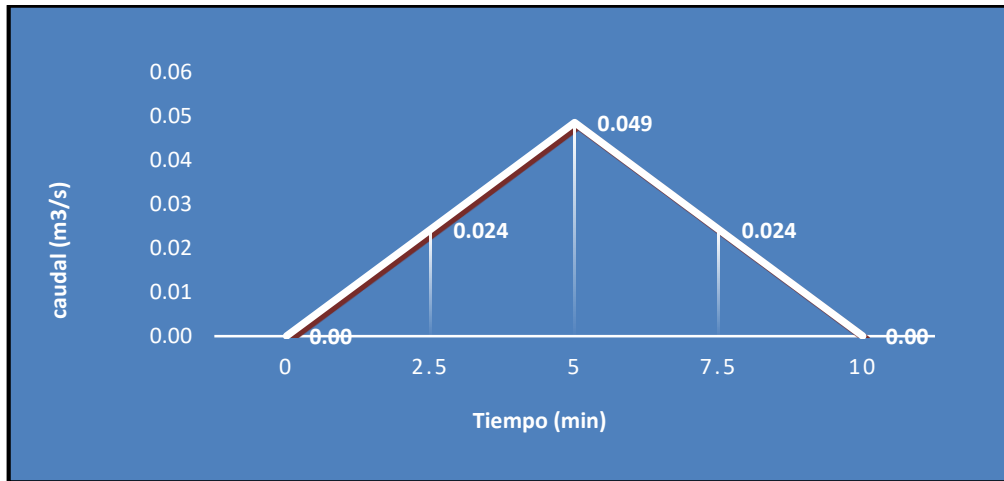
**Grafico 33: Vado MC-21.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

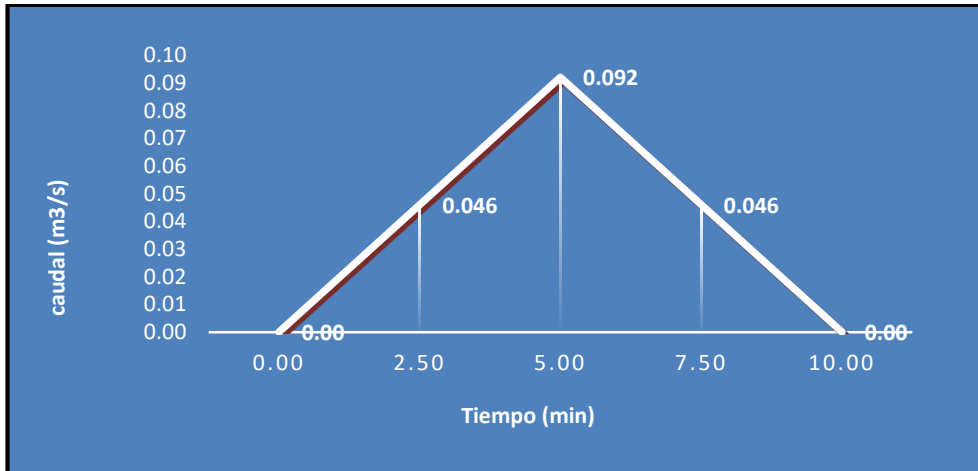


**Grafico 34: Vado MC-22.**



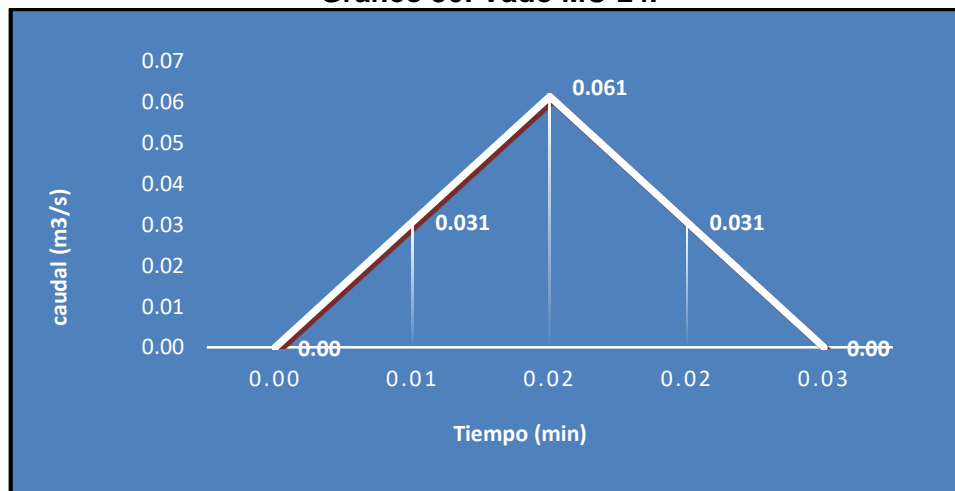
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Grafico 35: Vado MC-23.**



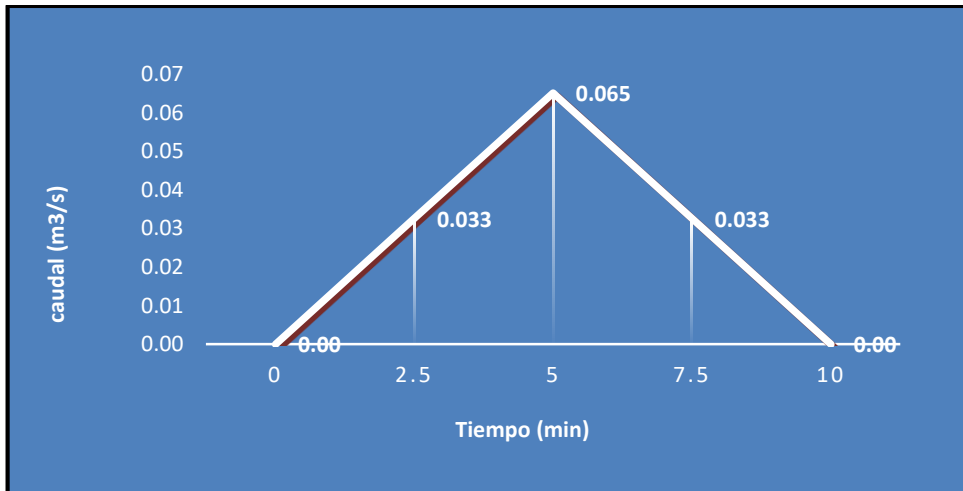
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Grafico 36: Vado MC-24.**



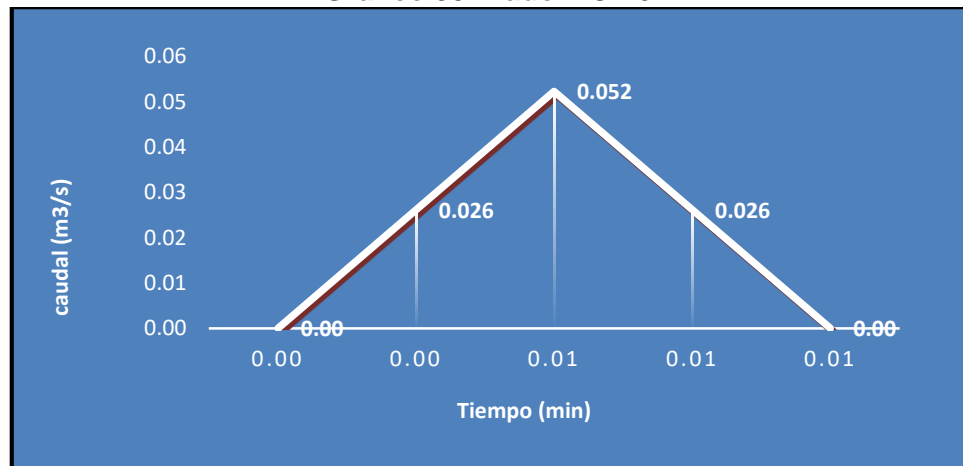
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Grafico 37: Vado MC-25.**



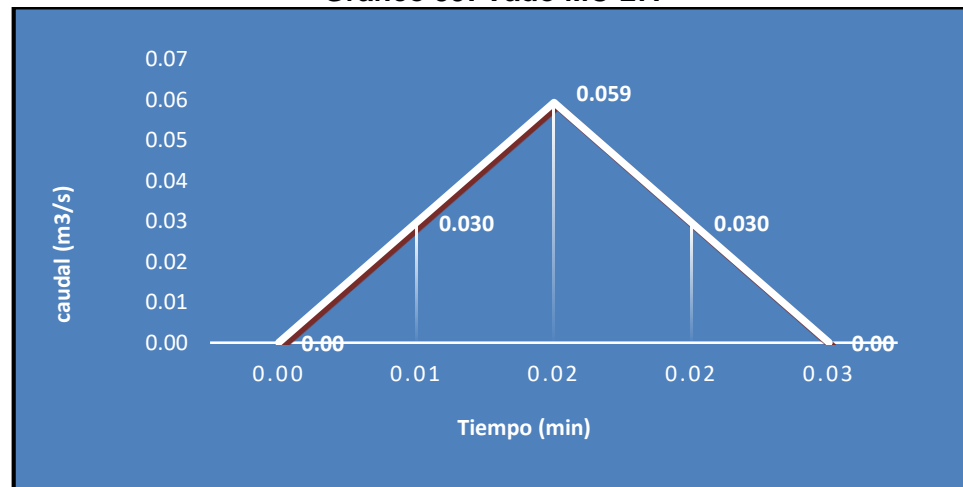
*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 38: Vado MC-26.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Grafico 39: Vado MC-27.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

## 6.2. Diseño Hidráulico.

Para el dimensionamiento de las estructuras de drenaje (cunetas y vados) a trabajar en el tramo se realizó el diseño hidráulico, aplicando el software H canales que tiene su base teórica en la fórmula de Manning y a la vez usando sus coeficientes de rugosidad.

### 6.2.1. Coeficiente de Rugosidad (n).

Son valores adimensionales dados para el tipo de material por la cual estará conformada la estructura de drenaje (cunetas, vados), en nuestro caso se utiliza un valor de 0.013.

Tabla 60: Coeficientes de rugosidad (n).

Material	Coeficiente n
<b>Concreto</b>	<b>0.013</b>
<b>Mampostería</b>	0.025
<b>Revestido con mortero</b>	0.017
<b>PVC Ribloc</b>	0.009

Fuente: PAST-DANIDA, 2004.

### 6.2.2. Cunetas.

De acuerdo a los cálculos hidrológicos se procede al dimensionamiento de cunetas las cuales tendrán una sección triangular, y a lo largo de la vía habrá de dos tipos: cuneta normal de caite y de bordillo y cuneta triangular, esta última donde el caudal a evacuar es un poco mayor. El ancho es medido desde el borde de la sub-rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la sub-rasante el fondo o vértice de la cuneta. Las zonas de descarga de las cunetas serán en desagües naturales de agua identificados en puntos tangentes de la vía.

## Dimensionamiento de cunetas en Hcanales.

Imagen 12 : Cuneta SC-1 Est. 0+000-Est 0+148.

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.019"/> m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.15"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0070"/> m/m

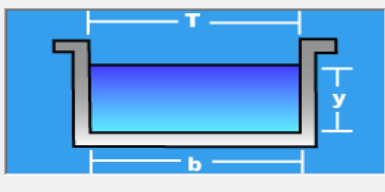


Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1459"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4418"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0219"/> m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0495"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.1500"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.8681"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.7256"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1843"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Imagen 13 : Cuneta SC-2 Est 0+000-Est 0+048.

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.017"/> m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.15"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0069"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1341"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4182"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0201"/> m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0481"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.1500"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.8451"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.7368"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1705"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

Fuente: Elaborado por Sustentante.

Imagen 14 : Cuneta SC-3 Est 0+052-Est 0+098.

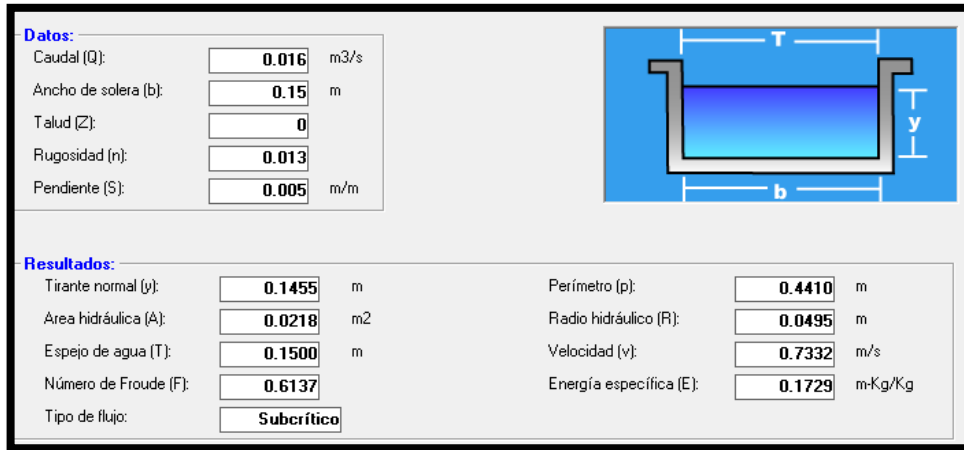
Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.017"/> m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.15"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0054"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1481"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4463"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0222"/> m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0498"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.1500"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.7651"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.6346"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1780"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

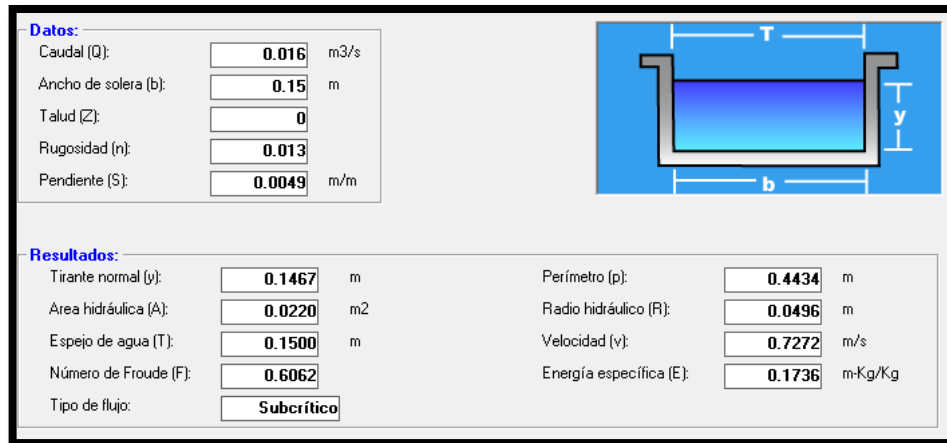
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 15 : Cuneta SC-4 Est 0+105-Est 0+148.**



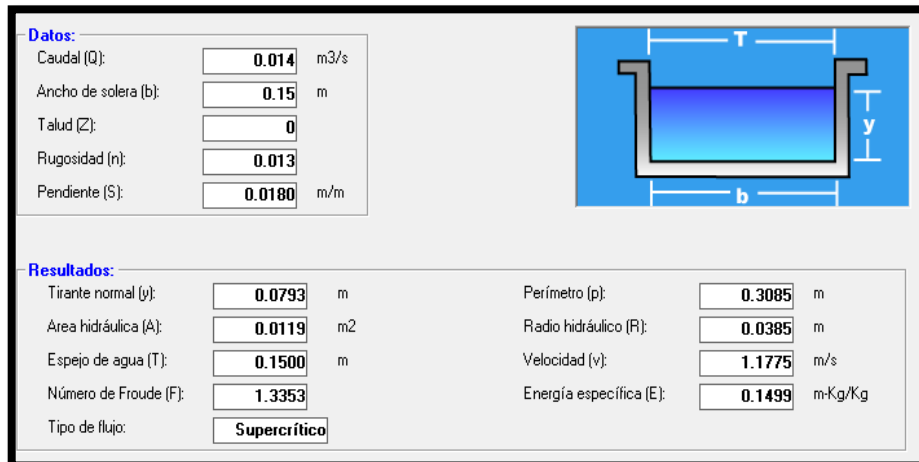
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 16 : Cuneta SC-5 Est 0+156 - Est 0+217.**



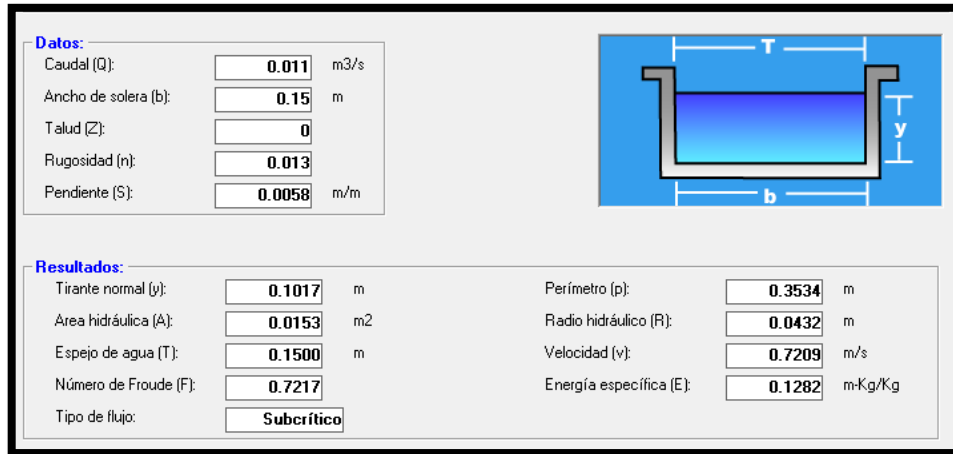
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 17 : Cuneta SC-6 Est 0+156 - Est 0+200.**



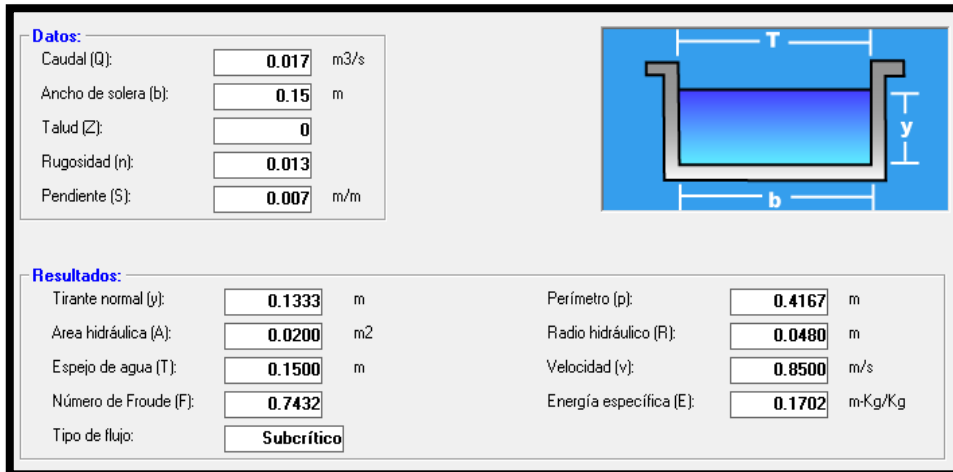
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 18 : Cuneta SC-7 Est 0+207 - Est 0+217.**



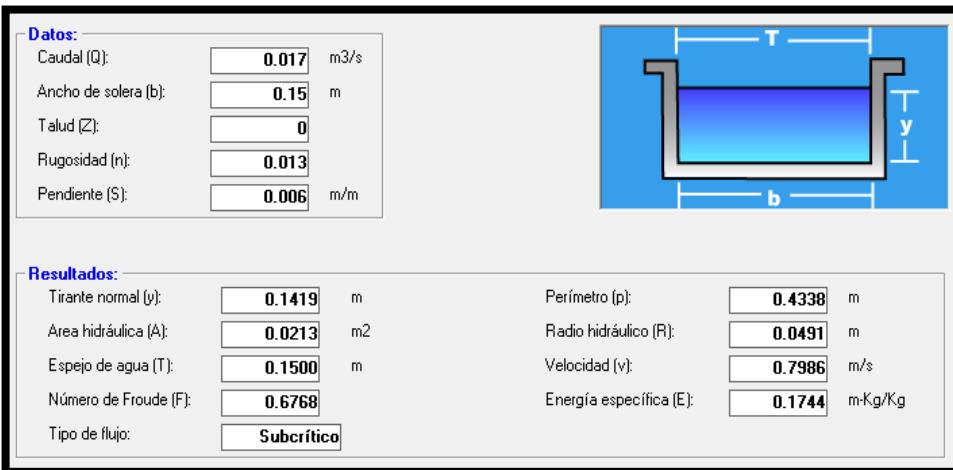
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 19 : Cuneta SC-8 Est 0+275 - Est 0+380.**



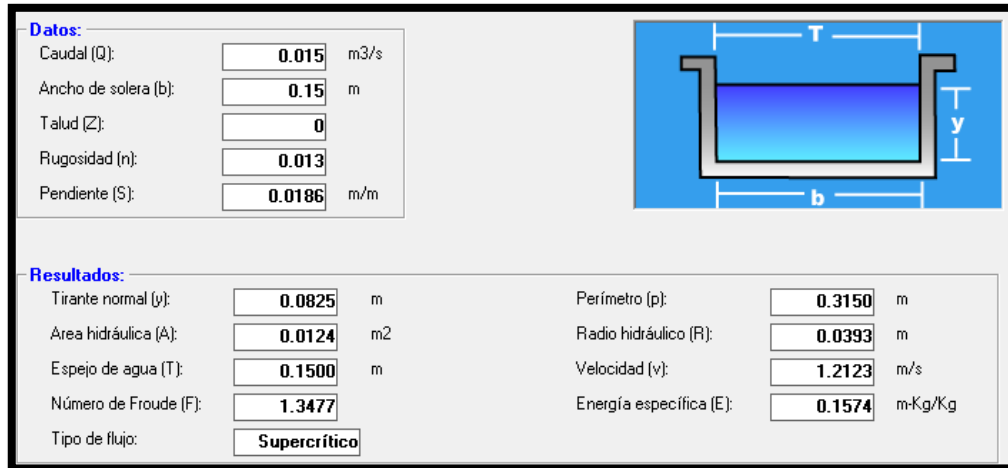
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 20 : Cuneta SC-9 Est0+276 - Est 0+377.**



Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 21 : Cuneta SC-10 Est0+390 Est 0+537.**



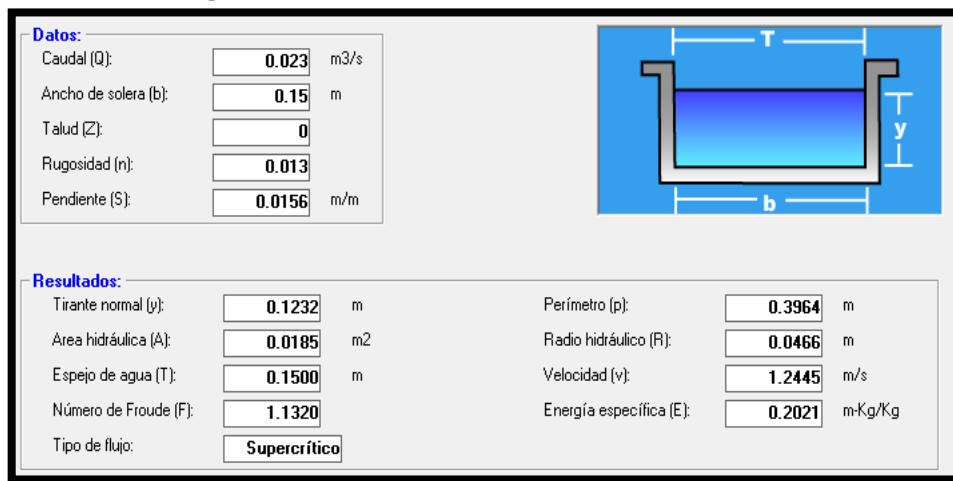
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 22 : Cuneta SC-11 Est0+388 - Est 0+537.**



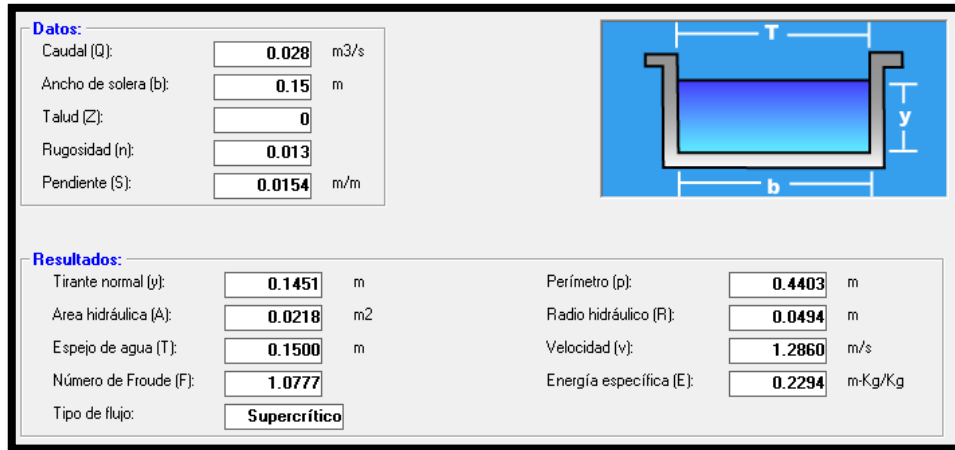
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 23 : Cuneta SC-12 Est0+541 - Est 0+627.**



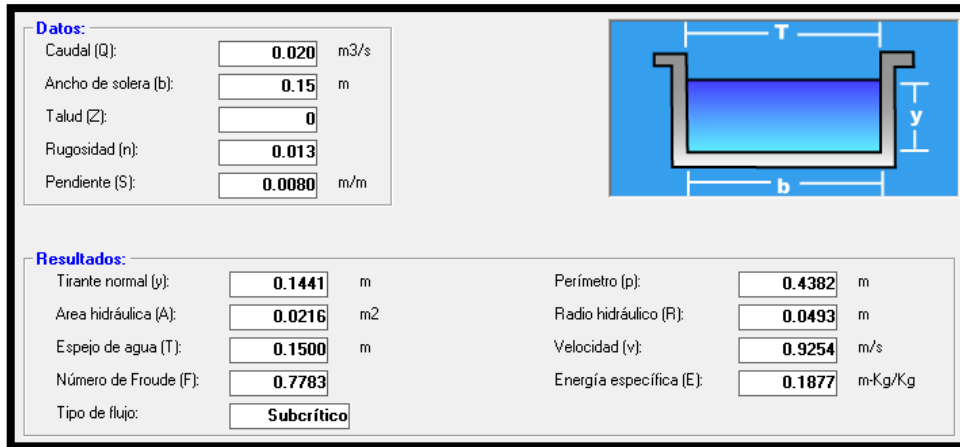
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 24 : Cuneta SC-13 Est 0+541 Est 0+623.**



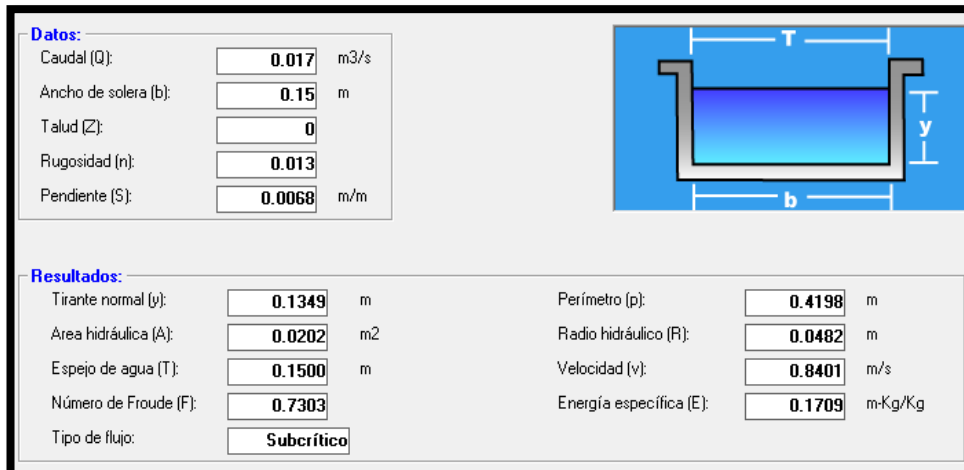
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 25 : Cuneta SC-14 Est 0+631 - Est 0+800.**



Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 26 : Cuneta SC-15 Est 0+635- Est 0+800.**



Fuente: Elaborado por Sustentante.



### 6.2.3. Badén.

Es una solución satisfactoria para los pequeños cursos de agua que atraviesan las intersecciones, por lo general, cuenta con una superficie mejorada formada por una losa de concreto. Pueden usarse combinado con las cunetas, son estructuras menos costosas que las alcantarillas o grandes puentes, en su mayoría no son muy sensibles con respecto al caudal de diseño, debido a que un pequeño incremento del tirante de agua incrementa de modo importante la capacidad hidráulica. Las dimensiones de vados para este proyecto fueron calculadas con el software H canales.

#### Dimensionamiento de Vados en Hcanales.

Imagen 27 : Vado MC-16 (Tirante Critico) Est 0+000.



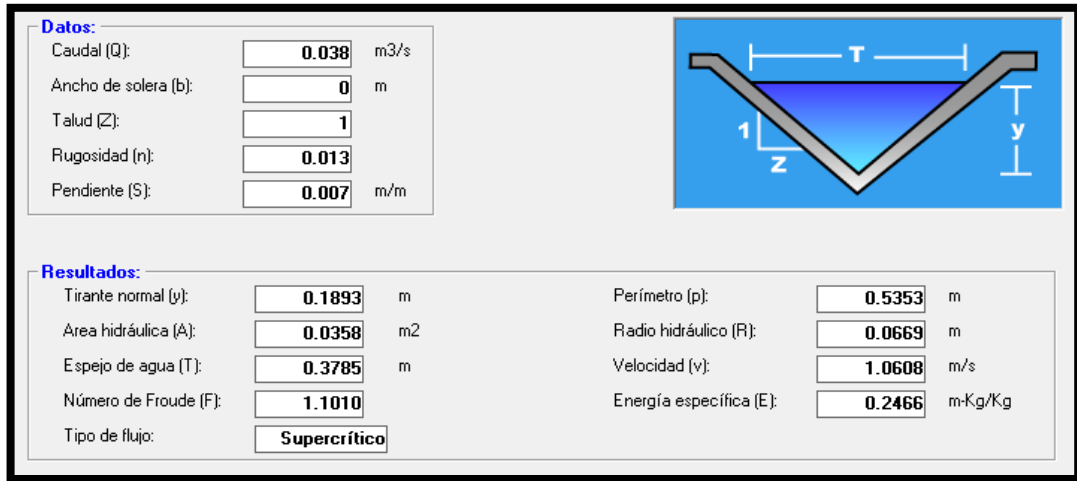
Fuente: Elaborado por Sustentante.

Imagen 28 : Vado MC-17 (Tirante Critico) Est 0+051.



Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 29 : Vado MC-18 (Tirante Critico) Est 0+102.**



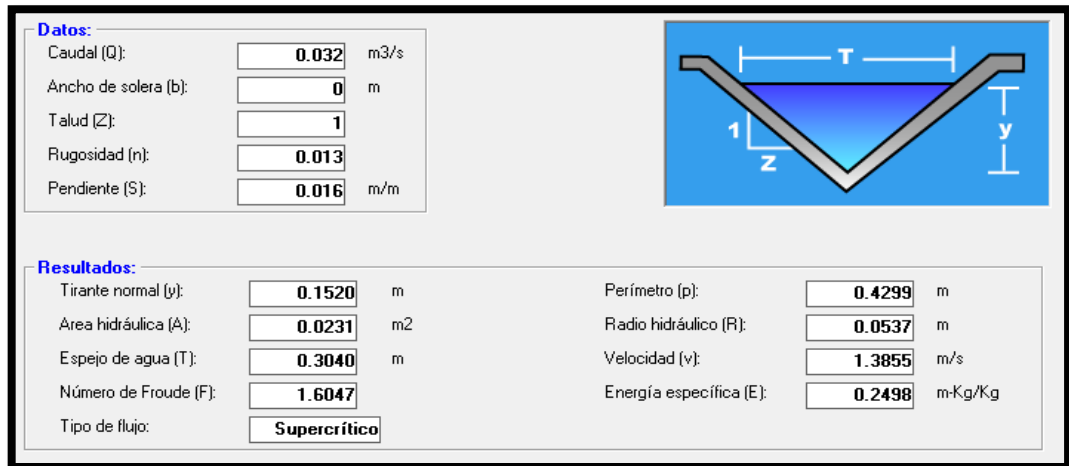
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 30 : Vado MC-19 (Tirante Critico) Est 0+152.**



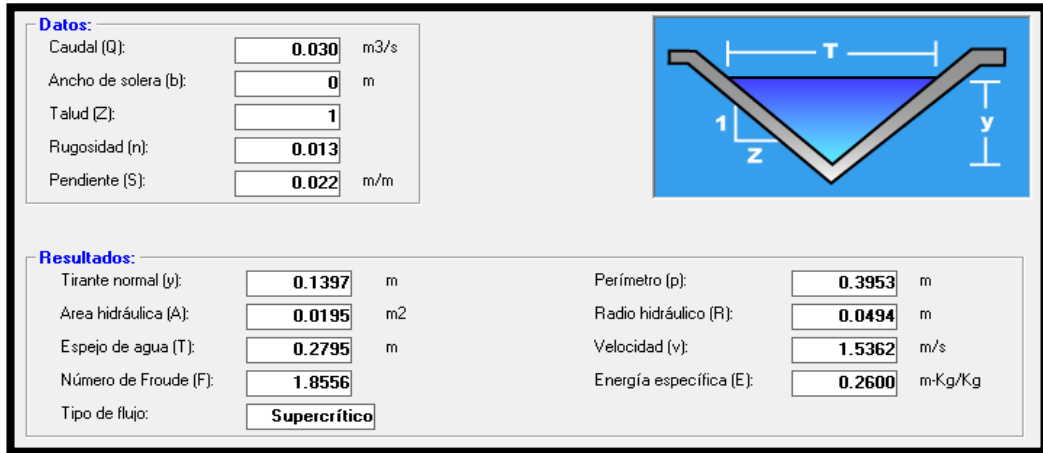
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 31 : Vado MC-20 (Tirante Critico) Est 0+205.**



Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 32 : Vado MC-21 (Tirante Critico) Est 0+267.**



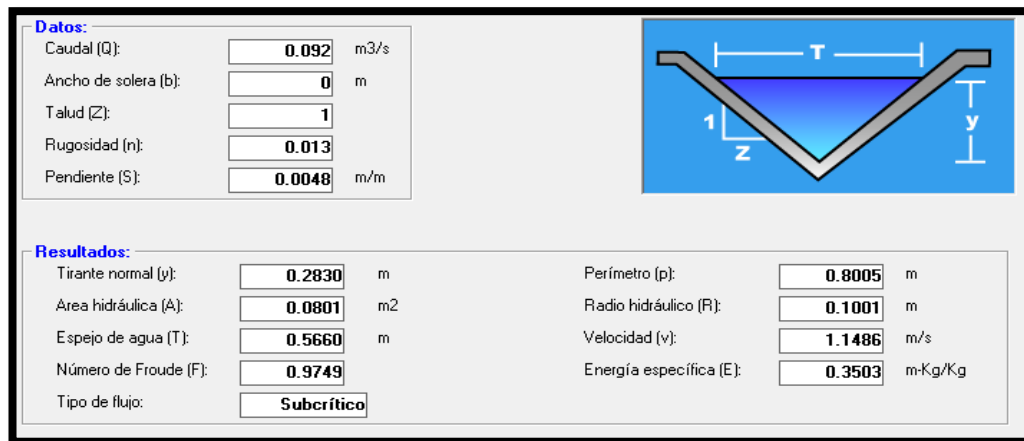
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 33 : Vado MC-22 (Tirante Critico) Est 0+275.**



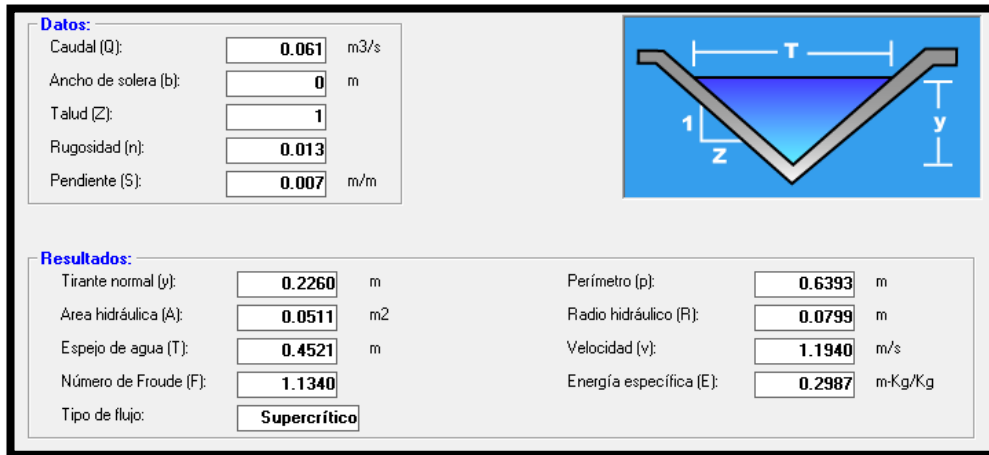
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 34 : Vado MC-23 (Tirante Critico) Est 0+385.**



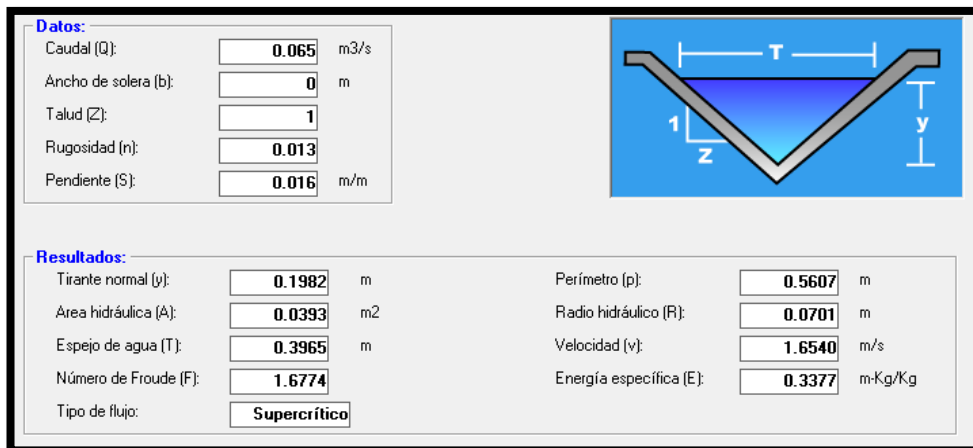
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 35 : Vado MC-24 (Tirante Critico) Est 0+385.**



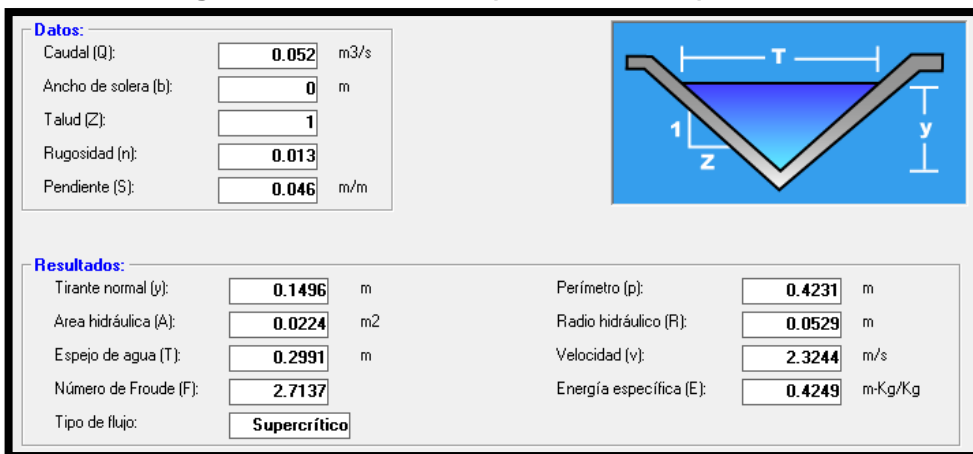
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 36 : Vado MC-25 (Tirante Critico) Est 0+537.**



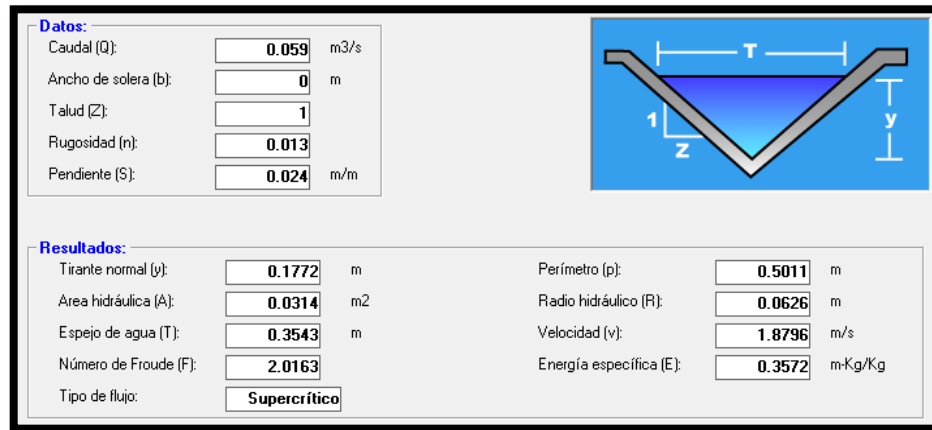
Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 37 : Vado MC-26 (Tirante Critico) Est 0+631.**



Fuente: Elaborado por Sustentante.

**Imagen 38 : Vado MC-27 (Tirante Critico) Est 0+800.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

#### 6.2.4. Evaluación de Resultados para Cunetas y Badenes.

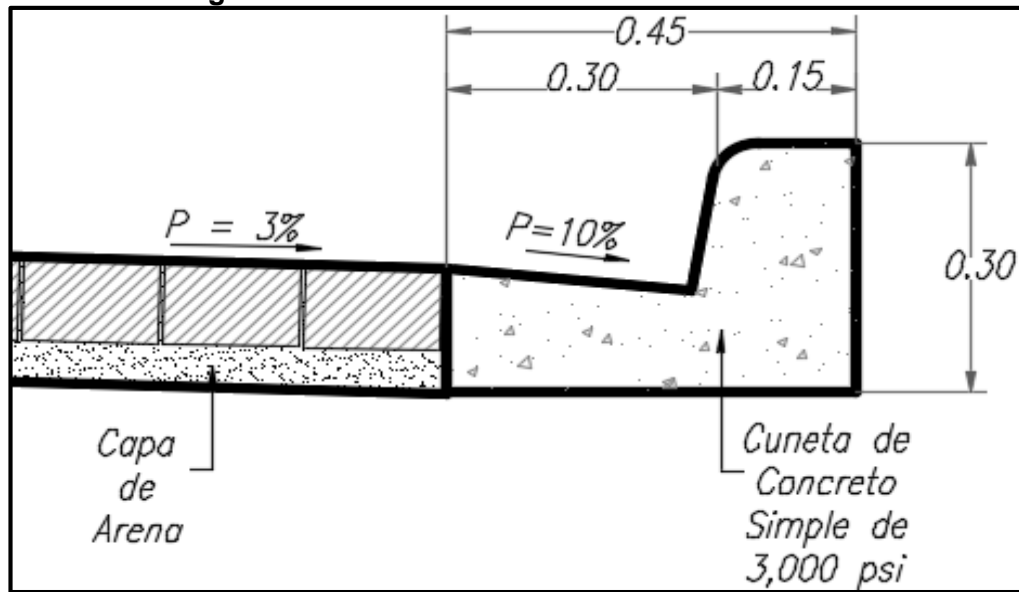
De acuerdo al resultado de la evaluación realizada mediante el programa Hcanales,

**Cunetas:** El caudal (Q), de mayor relevancia es el de la **Microcuenca 13**, obteniendo un valor de **0.28 m<sup>3</sup>/s**, de acuerdo con la evaluación del programa Hcanales se obtendrá un tirante (Y), de **0.1451 metros**, cumpliendo con el tirante mino permitido (0.15 metros), de la estructura existente.

**Vados:** El caudal (Q), de mayor relevancia es el de la **Microcuenca 23**, obteniendo un valor de **0.92 m<sup>3</sup>/s**, de acuerdo con la evaluación del programa Hcanales se obtendrá un tirante (Y), de **0.2830 metros**, de acuerdo con el Past-Danida cumple con el tirante mino permitido (0.30 metros), para este tipo de obras de drenaje menor.

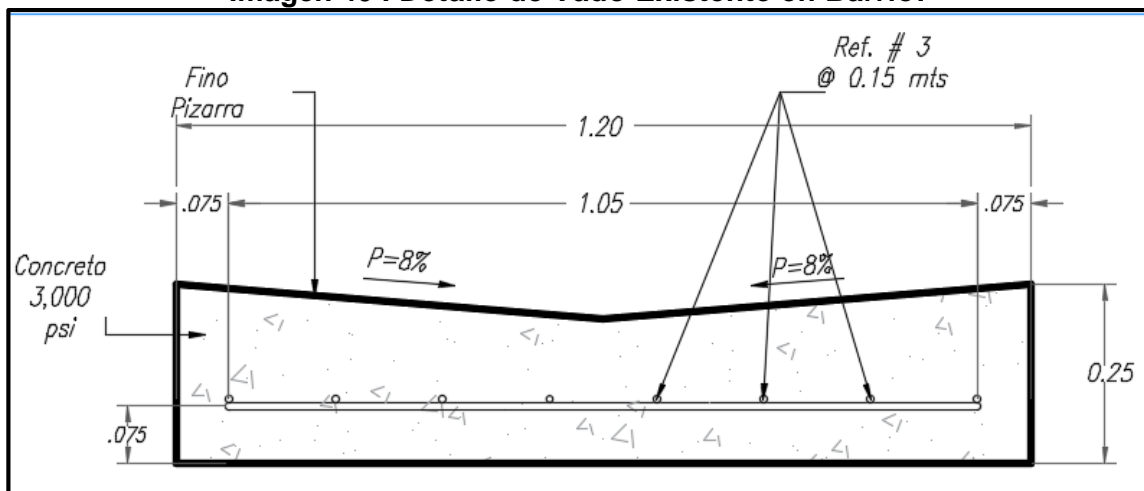
Se ha llegado a la conclusión que las 27 Micro-cuencas correspondientes a Cunetas y Badenes existentes a lo largo del tramo tienen la capacidad hidráulica adecuada según el caudal de Diseño resultante del estudio Hidrológico, así que se conservarán las mismas dimensiones (**Ver Imágenes 39 y 40**).

**Imagen 39 : Detalle de cuneta Existente en Barrio.**



Fuente: Elaborado por Sustentante (Autocad-2017).

**Imagen 40 : Detalle de Vado Existente en Barrio.**



Fuente: Elaborado por Sustentante (Autocad-2017).

## CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos planteados se ha concluido que:

### En el **Estudio de topográfico**

La información base de campo en el sitio, permitió conocer la configuración, dimensionamiento, forma y característica de todo el tramo.

La geometría Planimétrica existente en este tramo, se puede notar la inexistencia de curvas ya que al ser un Barrio está compuesto por Calles y Avenidas, complementado con Intercesiones que presentan radios de giro entre 3.00 y 4.00 metros, los típicos utilizados en la ciudad de Estelí para control de Vehículos pesados.

Si nos referimos a la Altimetría que presenta el Tramo, se encuentra enmarcado en una zona que se caracteriza por ser del tipo de terreno absolutamente plano ya que este presenta pendientes no mayores al 5.00%. En cuanto al drenaje transversal actual del barrio presenta problemas de con el Bombeo ya que en la mayoría del tramo este es inexistente.

En el **Estudio de Tráfico** se obtuvo un TPDA de **447** vehículo/día (vpd).

Para la proyección del tráfico se utilizó una tasa de crecimiento del **5.74%**, obtenida mediante las correlaciones de las tasas de crecimiento históricas de la estación de corta duración ECD-110 Estelí -Cóndega.

A partir de la tasa de crecimiento calculada y la elección de un periodo de diseño de 20 años se obtuvo un factor de crecimiento de **FC=35.79**, que al proyectarlo e identificando los factores ESAL se estimó el carril de diseño o W18 de **1,070,487.00**.

Para el **Estudio Geotécnico** se determinó que los suelos predominantes en la línea son (**A-2-4, A-2-6, A-6 y A-2-7**), luego se calculó el CBR de la sub-rasante que resulto **CBR=7.2** y un módulo resiliente **MR=10800 psi**.

El banco seleccionado para la capa base fue el banco de préstamo **#2 Villa Esperanza** el cual no necesito estabilizarse ya que cumple con el requerimiento mínimo de la Nic-2000 para ser utilizado como material base.

El banco seleccionado para la capa Sub-base fue el banco de préstamo **#1 La Quiatilla** el cual no necesito estabilizarse ya que cumple con el requerimiento mínimo de la Nic-2000 para ser utilizado como material Sub-base.

En el **Diseño de Pavimento** se utilizó el conjunto de datos calculados anteriormente como lo son ESAL'S 1,070,487.00, CBR de diseño de 7.2%, MRsub-rasante=10,800 psi, MRsub-base= 8,000psi,  $a_1=0.45$ ,  $a_2=0.135$ ,  $a_3=0.127$ ,  $P_o=4.2$ ,  $P_T=2.0$ ,  $\Delta PSI=2.2$ , SN requerido=2.80 Sn2=2.4 para luego calcular los espesores de la estructura de pavimento.

los espesores resultantes son de **4.00** pulgadas para la carpeta de rodamiento (adoquín), y **6.00** pulgadas para la base granular y **6.00** pulgadas para la Sub-base. Obteniendo un total de 16 pulgadas de estructura de pavimento articulado.

En el **Estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico**, se han modelado 27 Micro-cuencas todas con obras de drenaje menor existente, tanto en sus condiciones actuales como en proyección futura, de las cuales 15 son cunetas y 12 son badenes, al ser evaluadas todas las obras de drenaje tienen la capacidad hidráulica por lo tanto se conservarán las mismas dimensiones, solamente se le dará mantenimiento a cada una de ellas.

En la modelación de cada una de las estructuras existentes del drenaje menor se observó que todas tienen capacidad de evacuar el caudal de diseño generado por las cuencas de aportaciones, de las cuales la microcuenca 13 (Cuneta) y 23 (Vado), son las que resultaron con mayor caudal (0.028 m<sup>3</sup>/s y 0.092 m<sup>3</sup>/s respectivamente).



## RECOMENDACIONES.

- Se deberá realizar un corte de 16” pulgadas para colocar la estructura total de pavimento diseñada.
- Desalojar todo el material de corte y reemplazarlo por el material de los Bancos analizados en el estudio geotécnico.
- Antes de colocarse el material de préstamo para Base y sub-base, se recomienda limpiar la superficie de sub-rasante y compactarla a un mínimo de 95% Próctor Estándar (ASTM D 698).
- Los materiales de la capa de Base y Sub-Base correspondiente a agregados naturales, se recomienda que cumplan las especificaciones mínimas de Compactación (% Mínimo de CBR al 95% compactación de las pruebas Próctor Modificado, ASSHTO T-180), indicadas en la Nic- 2000.
- En la elaboración de la capa base, se debe constatar que el material esté libre de cualquier otro material contaminante, como basura, trozos de árboles o rocas muy grandes, ya que esto podría afectar la resistencia de la estructura.
- En ningún punto de la capa de base terminada, el espesor deberá variar en más de dos centímetros con el espesor indicado. Sin embargo, el promedio de los espesores comprobados no podrá ser inferior al especificado.
- Se recomienda que la arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser arena lavada, dura, angular, uniforme Su graduación será tal que pase por el tamiz No. 4 y no más del 15% sea retenido en el tamiz No. 10. El espesor de esta capa, no deberá ser menor de 3 cm, ni mayor de 5 centímetros.
- Verificar que la calidad de los materiales es la determinada en el diseño, que cumplan con las especificaciones de calidad y resistencia propuestas en las Normas Nic- 2000.
- Darle mantenimiento periódico de manera preventiva a la carpeta de rodamiento para maximizar su vida útil, que también evita los altos costos del mantenimiento correctivo y/o rehabilitación.

## BIBLIOGRAFÍA.

AASHTO, e. a. (93). Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (3ra edicion). San Juan: instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.

Ayllón Acosta, J. (2004). Guia de pavimentos de concreto Asfaltico. Cochabamba Bolivia: Cochabamba.

Fonseca, A. M. (2011). Ingenieria de Pavimentos para Carreteras 2da.

Hernandez, M. I. (2011). Ingenieria de Trafico. Esteli: Universidad Nacional de Ingeniria (UNI-RUACS).

Hoel, N. J. (2005). Ingeniería de Tránsito y carreteras. Mexico: International Thomson Editores, S.A. de C.V.

Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales. PAST-DANIDA, I. E. Nicaragua. (Septiembre de 2004).

MTI. (2008). Manual para Revisión de Estudios Geotécnicos.

MTI. (2008). Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de drenaje menor.

MTI. (2016). Anuario de Aforos de Tráfico . Managua.

NIC. (2000). Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes.

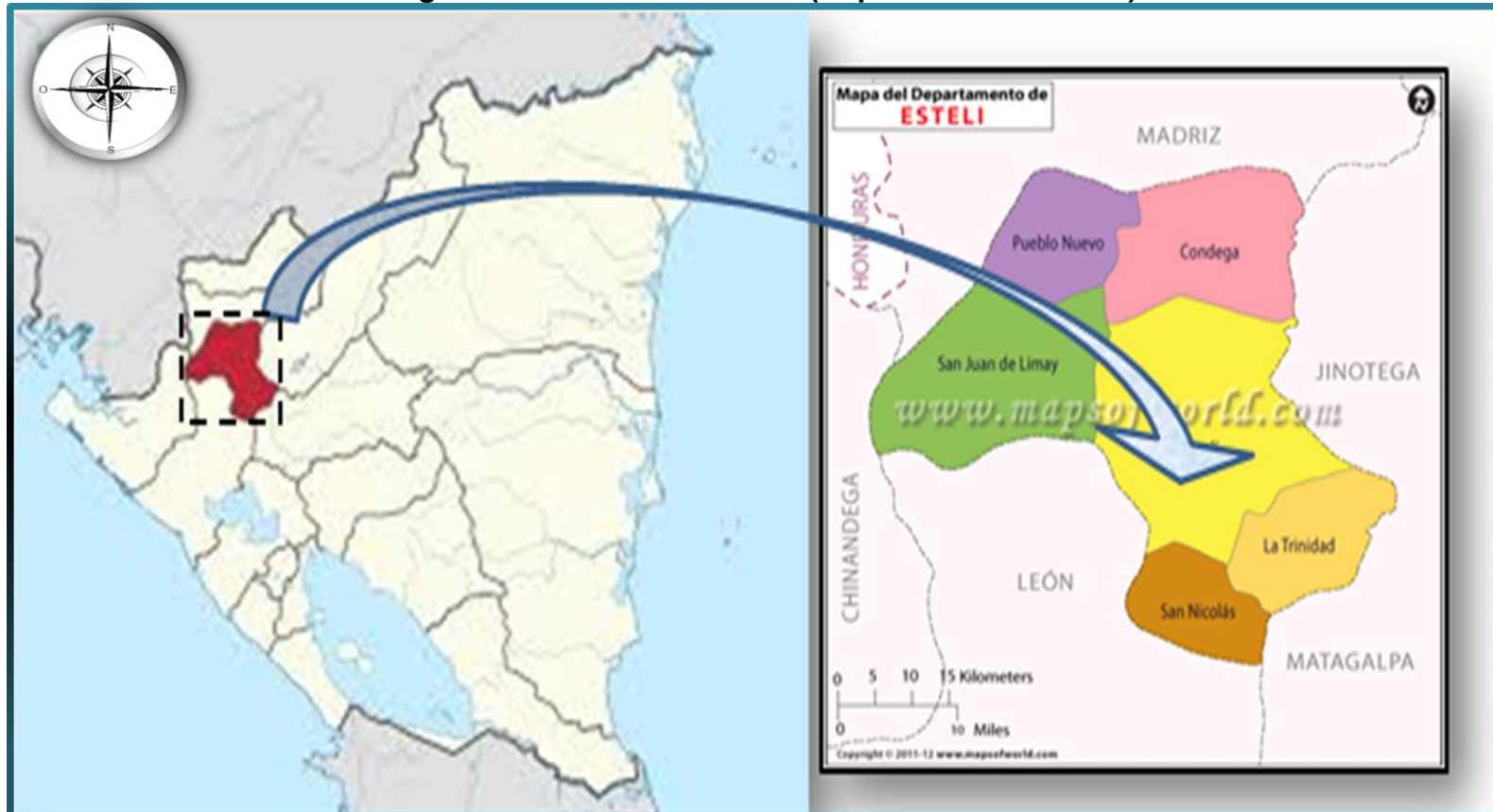
SIECA. (2004). Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.

Villalaz, C. (1976-1980). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Monterrey - México: Limusa Noriega Editores

# ANEXOS

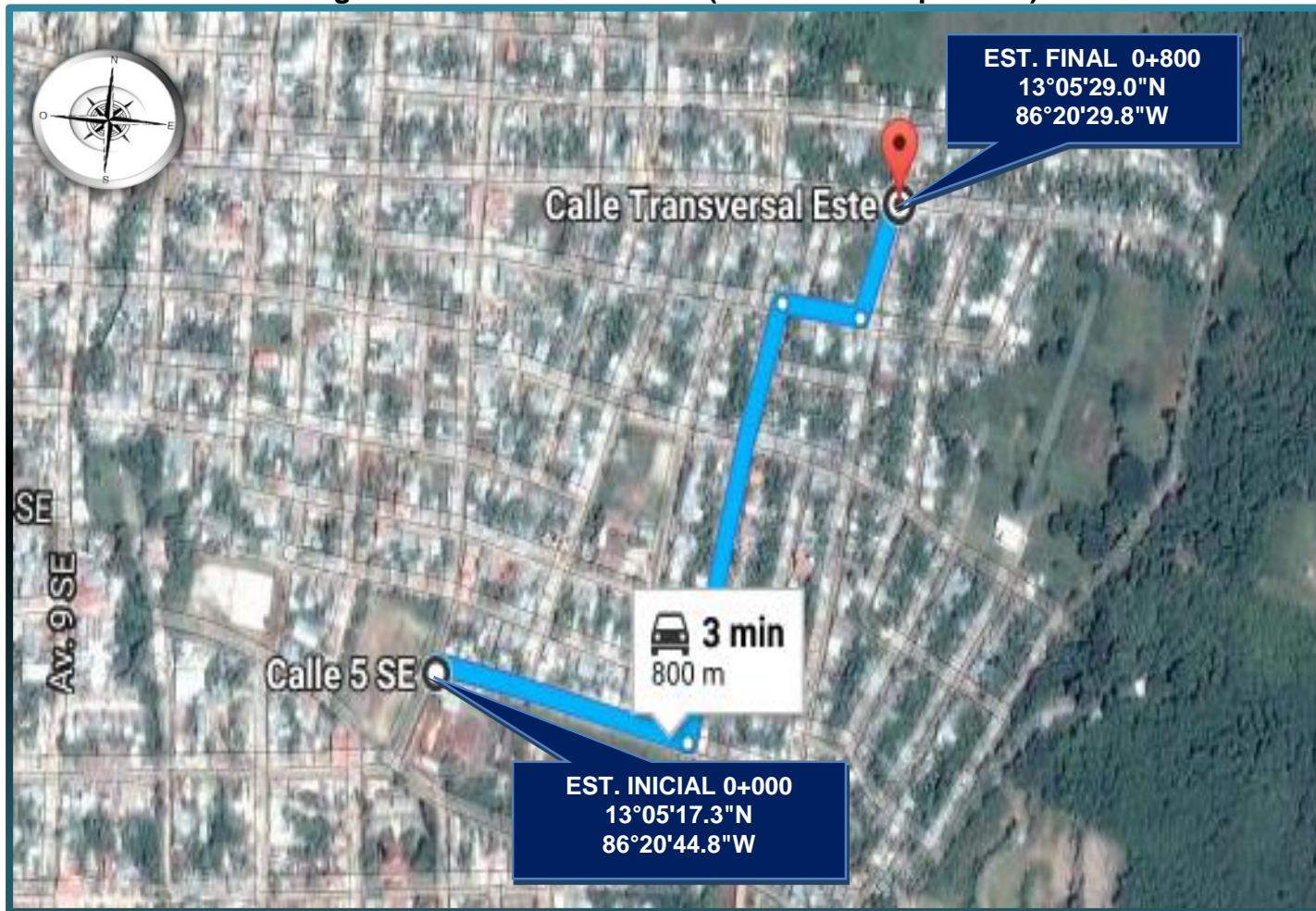
## Anexos Capítulo I: Generalidades.

Imagen 41. Macro localización (Departamento –Estelí).



Fuente: Google Maps.

**Imagen 42. Micro localización (Barrio Villa Esperanza).**



*Fuente: Google Earth.*



**Fotos de la Situación actual del tramo.**

**Inicio del Tramo en Estudio.**



*Fuente: Levantamiento por Sustentante.*

**Carpeta de Revestimiento Erosionada Est 0+130.**



*Fuente: Levantamiento por Sustentante.*

**Obras de Drenajes Existente, en el Tramo de Estudio Est 0+400.**



*Fuente: Levantamiento por Sustentante.*

**Deterioro Crítico en un punto de la vía, Est 0+450.**



*Fuente: Levantamiento por Sustentante.*



**Desgaste en superficie de la carpeta de revestimiento, Est 0+ 700**



*Fuente: Levantamiento por Sustentante.*

**Fin del Tramo, a Empalmar con Vado y Adoquinado Existente**

**Est 0+800**



*Fuente: Levantamiento por Sustentante.*



**Tabla 61. Formato para conteo de Tráfico Vehicular Diurno.**

CONTEO VEHICULAR DEL LUNES (AMBOS SENTIDOS)																			
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
06:00	07:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
07:00	08:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
08:00	09:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
09:00	10:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10:00	11:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11:00	12:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12:00	13:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13:00	14:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14:00	15:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15:00	16:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16:00	17:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17:00	18:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

*Facilitador: Msc Ing. Jimmy Sierra Mercado.*

**Tabla 62. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día lunes).**

HORA		FECHA DE CONTEO: LUNES 18 DE OCTUBRE 2017																	SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS		UBICACIÓN: BA VILLA ESPERANZA. 0+000	
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total			
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros				
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.							
06:00	07:00	22	3	2	11	0	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	2	47			
07:00	08:00	18	1	3	12	1	0	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	42			
08:00	09:00	15	4	2	9	0	0	2	4	6	1	0	0	0	0	0	0	0	43			
09:00	10:00	11	1	0	4	1	0	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	25			
10:00	11:00	9	9	1	9	0	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	36			
11:00	12:00	8	7	3	7	0	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	31			
12:00	13:00	14	0	5	11	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	35			
13:00	14:00	15	1	2	8	0	0	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	33			
14:00	15:00	8	1	0	5	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	21			
15:00	16:00	6	5	1	8	1	2	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	30			
16:00	17:00	13	11	2	5	1	2	2	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	43			
17:00	18:00	5	6	1	8	1	0	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	27			
TOTAL		144	49	22	97	5	8	24	26	32	2	0	0	0	0	0	0	4	413			

*Fuente: Levantamiento por Sustentante.*

**Tabla 63. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día martes).**

HORA		FECHA DE CONTEO: MARTES 19 DE OCTUBRE 2017														SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS			UBICACIÓN: BA VILLA ESPERANZA. EST. 0+000		
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros			
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.						
06:00	07:00	19	6	3	7	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	42			
07:00	08:00	17	5	4	7	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	36			
08:00	09:00	12	2	1	5	1	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	1	27			
09:00	10:00	5	4	3	6	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0		23			
10:00	11:00	7	8	0	11	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	31			
11:00	12:00	5	10	1	8	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	30			
12:00	13:00	16	11	1	13	0	0	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	47			
13:00	14:00	10	3	2	2	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	22			
14:00	15:00	7	8	2	8	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	1	31			
15:00	16:00	13	4	0	10	2	2	2	2	3	1	0	0	0	0	0	0	39			
16:00	17:00	15	2	1	6	0	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	33			
17:00	18:00	4	4	3	9	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	23			
TOTAL		130	67	21	92	4	8	24	12	17	6	0	0	0	0	0	3	384			

Fuente: Levantamiento por Sustentante.

**Tabla 64. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día miércoles).**

HORA		FECHA DE CONTEO: MIÉRCOLES 20 DE OCTUBRE 2017														SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS			UBICACIÓN: BA VILLA ESPERANZA. EST. 0+000		
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros			
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.						
06:00	07:00	12	6	1	6	0	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	32			
07:00	08:00	16	2	4	6	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	32			
08:00	09:00	9	3	3	8	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	27			
09:00	10:00	6	2	0	4	0	0	2	2	3	1	0	0	0	0	0	2	22			
10:00	11:00	7	1	0	8	1	0	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	25			
11:00	12:00	2	10	0	10	0	2	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	29			
12:00	13:00	21	9	1	4	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	39			
13:00	14:00	16	6	5	8	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	40			
14:00	15:00	5	3	2	7	0	0	2	1	3	1	0	0	0	0	0	1	25			
15:00	16:00	17	8	3	9	1	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	46			
16:00	17:00	18	5	1	11	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	40			
17:00	18:00	7	3	2	2	0	0	2	1	2	1	0	0	0	0	1	0	21			
TOTAL		136	58	22	83	4	8	24	10	22	7	0	0	0	0	0	3	377			

Fuente: Levantamiento por Sustentante.

**Tabla 65. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día jueves).**

HORA		FECHA DE CONTEO: JUEVES 21 DE OCTUBRE 2017														SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS			UBICACIÓN: BA VILLA ESPERANZA. EST. 0+000		
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros			
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.						
06:00	07:00	16	3	3	8	0	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	1	39		
07:00	08:00	14	6	2	7	1	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	35		
08:00	09:00	8	2	1	3	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	20		
09:00	10:00	11	2	7	5	0	0	2	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0	39		
10:00	11:00	9	1	6	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22		
11:00	12:00	19	9	2	13	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46		
12:00	13:00	16	8	1	7	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	39		
13:00	14:00	10	2	0	5	0	0	2	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	26		
14:00	15:00	9	5	0	8	0	0	2	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	32		
15:00	16:00	15	6	0	7	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34		
16:00	17:00	12	7	0	10	0	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	35		
17:00	18:00	9	4	1	3	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	25		
TOTAL		148	55	23	78	3	8	24	31	15	5	0	0	0	0	0	0	2	392		

Fuente: Levantamiento por Sustentante.

**Tabla 66. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día viernes).**

HORA		FECHA DE CONTEO: VIERNES 22 DE OCTUBRE 2017														SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS			UBICACIÓN: BA VILLA ESPERANZA. EST. 0+000		
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros			
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.						
06:00	07:00	18	4	2	7	0	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	39		
07:00	08:00	10	3	2	6	0	0	2	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	31		
08:00	09:00	11	3	2	8	1	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	32		
09:00	10:00	8	8	1	6	1	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	30		
10:00	11:00	11	5	3	9	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	31		
11:00	12:00	12	6	1	5	1	2	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	34		
12:00	13:00	8	1	1	11	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	26		
13:00	14:00	16	3	6	9	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	37		
14:00	15:00	10	1	1	6	0	0	2	2	4	2	0	0	0	0	0	0	1	29		
15:00	16:00	16	4	3	9	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	38		
16:00	17:00	17	3	2	15	0	2	2	3	5	2	0	0	0	0	0	0	0	51		
17:00	18:00	7	4	1	6	0	0	2	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	33		
TOTAL		144	45	25	97	3	8	24	24	32	6	0	0	0	0	0	0	3	411		

Fuente: Levantamiento por Sustentante.

**Tabla 67. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día sábado).**

HORA		FECHA DE CONTEO: SABADO 23 DE OCTUBRE 2017														SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS			UBICACIÓN: BA VILLA ESPERANZA. EST. 0+000		
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros			
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.							
06:00	07:00	23	8	3	9	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	49			
07:00	08:00	12	4	2	5	0	1	2	5	1	1	0	0	0	0	0	0	33			
08:00	09:00	8	4	1	8	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	27			
09:00	10:00	8	2	1	7	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	22			
10:00	11:00	8	5	7	6	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	30			
11:00	12:00	6	4	3	9	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	25			
12:00	13:00	14	6	1	11	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	35			
13:00	14:00	7	1	4	4	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	21			
14:00	15:00	9	2	2	8	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	25			
15:00	16:00	7	6	2	6	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24			
16:00	17:00	19	10	1	9	0	0	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	46			
17:00	18:00	3	3	1	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12			
TOTAL		124	55	28	85	1	2	24	17	8	3	0	0	0	0	0	2	349			

















Fuente: Levantamiento por Sustentante.

**Tabla 68. Conteo de Tráfico Vehicular Diurno (día domingo).**

HORA		FECHA DE CONTEO: DOMINGO 24 DE OCTUBRE 2017														SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS			UBICACIÓN: BA VILLA ESPERANZA. EST. 0+000		
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros			
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.	<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.							
06:00	07:00	18	7	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	29			
07:00	08:00	14	2	2	9	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	29			
08:00	09:00	8	4	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23			
09:00	10:00	11	5	0	12	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	30			
10:00	11:00	3	4	3	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	18			
11:00	12:00	11	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19			
12:00	13:00	5	2	4	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	16			
13:00	14:00	2	5	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14			
14:00	15:00	15	6	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	24			
15:00	16:00	7	5	2	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	23			
16:00	17:00	11	2	4	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	22			
17:00	18:00	9	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17			
TOTAL		114	49	26	60	1	0	0	6	6	1	0	0	0	0	0	1	264			

Fuente: Levantamiento por Sustentante.

**Tabla 69. Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Trafico.**

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, Cuadracicl, 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 tinas 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.
	MNIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, 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. MTI, Año 2016. Pag. 32.



**Tabla 70. Factores de Ajustes para (EDC.110 Estelí- Cóndega).**

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril																	
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	1.26	1.30	1.26	1.30	1.22	1.22	1.20	1.32	1.46	1.50	1.00	1.58	1.00	1.00	1.00	1.00	1.18
Factor Semana	1.01	1.05	1.01	0.95	0.94	1.49	0.98	0.87	0.88	0.84	1.00	0.91	1.00	1.00	0.89	1.00	0.93
Factor Fin de Semana	0.99	0.90	0.98	1.14	1.18	0.55	1.05	1.61	1.52	1.85	1.00	1.33	1.00	1.00	1.48	1.00	1.22
Factor Expansión a TPDA	1.09	1.04	0.94	1.01	1.06	1.00	1.00	1.07	1.03	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.56	1.00	1.12

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto																	
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	1.23	1.33	1.21	1.25	1.21	1.50	1.18	1.30	1.45	1.37	1.00	1.66	1.00	1.00	1.08	1.00	1.14
Factor Semana	0.99	1.02	0.99	0.95	0.94	1.29	0.99	0.88	0.88	0.85	1.00	0.93	1.00	1.00	0.78	1.00	0.92
Factor Fin de Semana	1.03	0.95	1.03	1.14	1.19	0.64	1.04	1.52	1.53	1.78	1.00	1.23	1.00	1.00	3.50	1.00	1.30
Factor Expansión a TPDA	1.04	0.99	1.08	1.03	1.02	1.16	1.02	0.97	1.07	1.02	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	0.89

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre																	
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	1.24	1.32	1.25	1.27	1.30	1.22	1.21	1.33	1.48	1.31	1.00	1.69	1.00	1.00	1.06	1.00	1.29
Factor Semana	1.02	1.03	1.03	0.96	0.95	1.20	0.98	0.90	0.89	0.91	1.00	0.89	1.00	1.00	0.84	1.00	1.03
Factor Fin de Semana	0.96	0.94	0.93	1.11	1.14	0.71	1.07	1.38	1.42	1.32	1.00	1.48	1.00	1.00	1.86	1.00	0.94
Factor Expansión a TPDA	0.89	0.98	0.99	0.96	0.93	0.87	0.98	0.96	0.92	0.80	1.00	1.01	1.00	1.00	0.74	1.00	1.02

Fuente: Anuario de Tráfico. MTI, Año 2016.

**Tabla 71. Listado Histórico TPDA Estación ECD-110 (Estelí- Cóndega).**

2015	579	541	306	1315	62	11	235	326	438	51		414	1		1	14	4,294
2012	250	320	181	893	13	9	188	262	227	51		226			1	8	2,629
2010	261	329	172	948	72	12	197	172	188	20	17	186					2,574
2008	161	308	258	762	16	7	178	228	187	37	0	361				5	2,508
2007	144	288	239	731	21	1	198	208	157	35		310				2	2,334
2004	99	231	228	695	29	7	197	157	169	28		348		1		6	2,195
2001	133	225	263	1,095	24	7	176	144	220	26		96	0	5	4		2,419
1999	83	205	314	1,047	2	4	175	134	293	43		111				6	2,417
1998	123	168	267	983	8	6	133	95	261	49	1	93	3	4	3	21	2,218
1997	95	133	230	763	8	7	119	78	223	40		69		1	5	1	1,777
1996	101	186	186	914	10	26	106	89	201	24		38		1	4	1	1,893
2016	612	572	323	1389	66	12	248	344	463	54		437	1	1	15		4,537

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2016. Pag. 97.

**Tabla.72: Indicadores Macro-Económicos.**

Conceptos - Concept	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PIB (a precios constantes) <sup>VI</sup> - Real GDP <sup>VI</sup>	119,235.2	125,540.1	129,120.1	125,557.4	129,564.3	137,638.3	145,333.0	151,921.3	158,856.8	166,686.8
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	119,235.2	137,590.8	164,494.3	170,459.9	186,683.0	218,762.9	245,800.3	268,853.9	306,061.2	345,958.6
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	6,786.3	7,458.1	8,491.4	8,380.7	8,741.3	9,755.6	10,439.4	10,874.7	11,790.2	12,692.5
Población (miles de habitantes) <sup>VII</sup> - Population (thousands) <sup>VII</sup>	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
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
Depósitos totales <sup>VI</sup> - Total deposits <sup>VI</sup>	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
Cartera de crédito bruta <sup>VI</sup> - Gross credit portfolio <sup>VI</sup>	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
Balance del SPNF a/d - Balance of NFPS (before grants)	(3,464.2)	(2,905.7)	(4,875.2)	(6,576.7)	(4,121.9)	(3,457.4)	(4,144.5)	(5,803.4)	(7,957.3)	(9,892.9)
Balance del SPNF d/d - Balance of NFPS (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)	(5,580.2)

**Principales indicadores macroeconómicos**

Conceptos	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Partidas informativas (millones C\$)</b>					
PIB (a precios constantes)	147,661.4	154,936.8	162,351.3	170,230.1	178,234.6
PIB (córdobas corrientes)	247,993.9	271,529.8	308,403.1	347,462.6	378,661.5
PIB (en millones US\$)	10,532.5	10,983.0	11,880.4	12,747.7	13,230.1
Población (miles de habitantes)	6,071.0	6,134.3	6,198.2	6,262.7	6,327.9







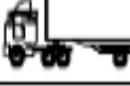
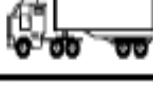




Fuente: Informe Anual del BCN -2015 Y 2016.

**Tabla73. Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo.  
(Vehículos Liviano y Pasajeros)**

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: Departamento de Vialidad MTI /Doc. Clasificación Vehicular.

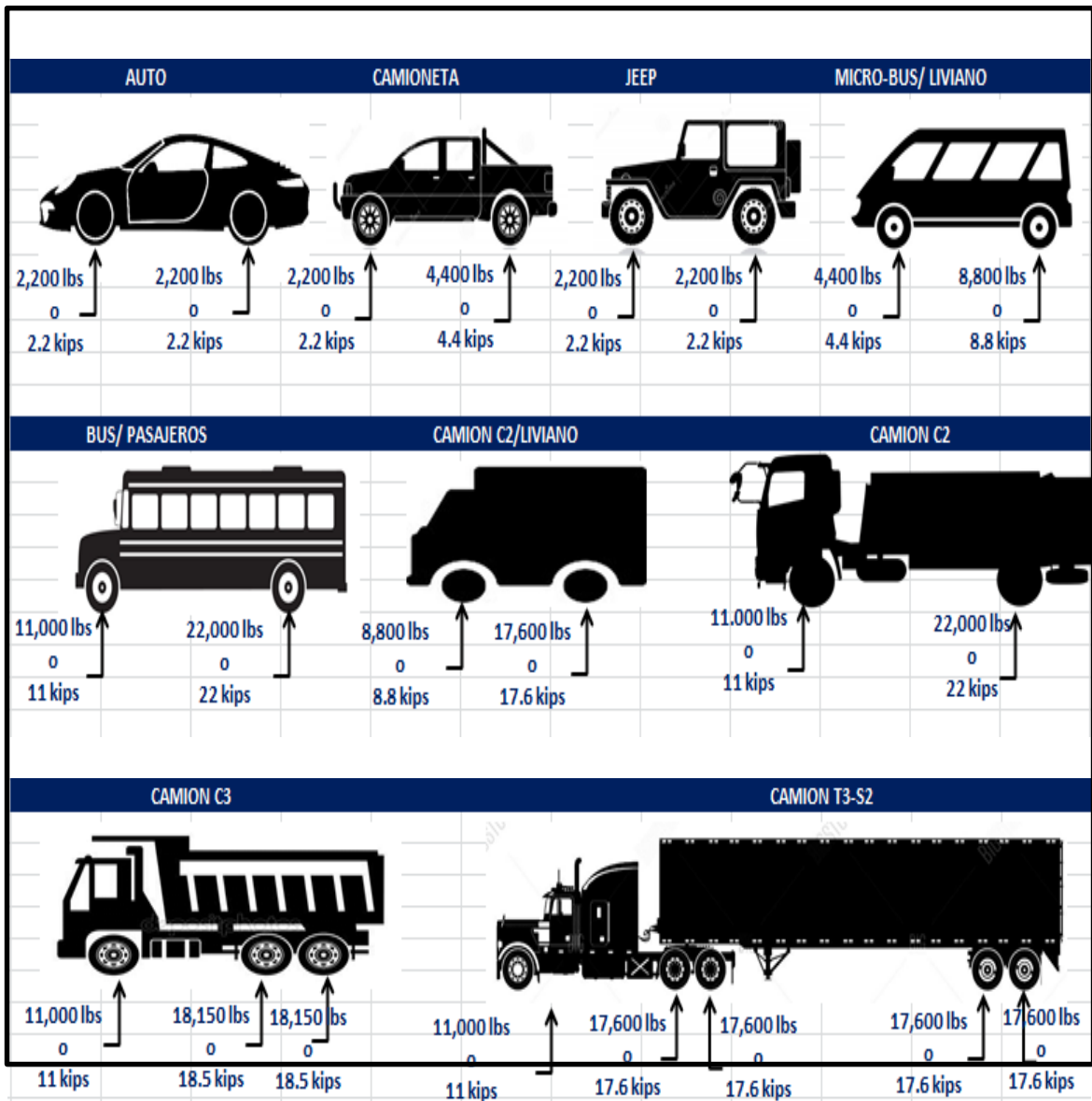
**Tabla 74 .Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo.  
(Vehículos Pesados).**

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		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

Fuente: Departamento de Vialidad MTI /Doc. Clasificación Vehicular.



**Imagen 43: Representación de cargas por eje (Kips) permisibles.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Tabla 75. Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Tándem.**

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

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	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
	4	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
4.4	6	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
	8	.030	.035	.036	.033	.031	.029
8.8	10	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
	11	.165	.177	.189	.183	.174	.168
17.	14	.325	.338	.354	.350	.338	.331
	16	.589	.598	.613	.612	.603	.596
17.	18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
17.	22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
	24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
17.	26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
	28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
17.	30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
	32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
17.	34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
	36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
17.	38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
	40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
17.	42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
	44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
17.	46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
	48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
17.	50	113	108	97	86	81	82

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Los números en color rojo son valores a interpolar, en función a SN=5.

**Tabla 76. 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 (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	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: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

El número en color rojo es el valor a interpolar, en función a SN=5.

**Tabla 77. Resultados ensayos de suelos.**

ESTACION	SONDEO No	PROFUND.	MUESTRA No	% QUE PASA POR TAMIZ										L.L.	I.P.	CLASIFIC	CBR (95%)
				2"	1½"	1"	¾"	⅜"	# 4	# 10	# 40	# 200	H.R.B.				
0+000	Sondeo # 1	0.0-0.15	76		89	75	63	42	26	19	12	8	36	13	A-2-6(o)	18	
		0.15-0.85	78			86	74	56	44	33	21	13	34	10	A-2-4(o)	21	
		0.85-1.48	79						100	98	93	59	40	11	A-6(5)	8	
0+100	Sondeo # 2	0.0-0.20	80		85	53	46	34	27	23	18	13	35	11	A-2-6(o)	15	
		0.20-0.80	81		95	83	77	61	52	44	33	28	39	9	A-2-4(o)	21	
		0.80-1.45	82			86	74	56	44	33	21	13	52	21	A-2-7(o)	10	
0+200	Sondeo # 3	0.0-0.18	83		92	50	44	33	24	22	15	11	33	12	A-2-6(o)	18	
		0.18-1.30	84						100	98	93	59	40	11	A-6(5)	6	
		1.30-1.50	85						100	98	93	59	40	11	A-6(5)	6	
0+300	Sondeo # 4	0.0-0.25	86		88	55	44	29	26	19	14	10	36	13	A-2-6(o)	15	
		0.25-1.50	87		91	79	72	58	47	41	32	25	36	10	A-2-4(o)	21	
0+400	Sondeo # 5	0.0-0.23	88		80	51	47	37	25	21	18	11	35	11	A-2-6(o)	15	
		0.23-0.75	89				81	55	40	35	28	22	33	9	A-2-4(o)	21	
		0.75-1.50	90						100	98	93	59	38	15	A-6(7)	6	
0+500	Sondeo # 6	0.0-0.15	91		92	83	54	49	35	28	21	17	34	10	A-2-4(o)	21	
		0.15-1.50	92		80	56	50	40	31	20	19	11	35	10	A-2-4(o)	21	
0+600	Sondeo # 7	0.0-0.15	93	88	80	72	65	50	40	33	21	13	36	16	A-2-6(o)	18	
		0.15-1.55	94			91	88	58	42	39	33	26	52	21	A-2-7(1)	10	
0+700	Sondeo # 8	0.0-0.22	97		88	72	64	46	32	27	19	13	34	10	A-2-4(o)	29	
		0.22-1.10	98	79	72	59	52	37	24	18	12	10	36	13	A-2-6(o)	15	
		1.10-1.50	99						100	99	91	55	33	11	A-6(4)	6	
0+800	Sondeo # 9	0.0-0.20	100			100	67	48	31	26	17	15	33	9	A-2-4(o)	29	
		0.20-1.50	101		80	56	50	40	31	20	19	11	45	16	A-2-7(o)	12	

*Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí- IDISA.*

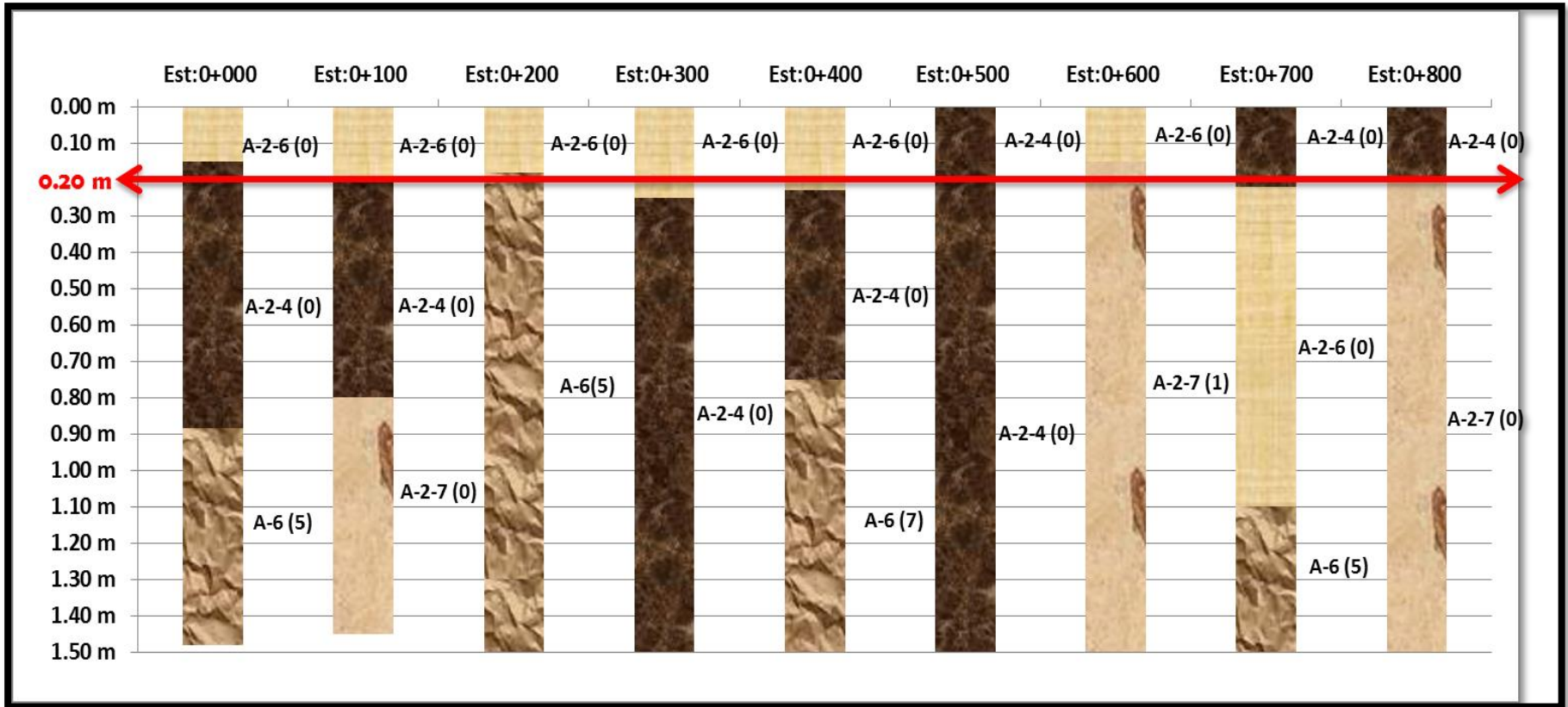
**Tabla 78. Clasificación de suelos, según AASHTO.**

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
% que pasa el Tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas			Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				
<p>NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre el LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)                      Si el LP <math>\geq</math> 30, la clasificación es A-7-6                      Si el LP &lt; 30, la clasificación es A-7-5</p>											

*Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93.*



**Gráfico 40. Estratigrafía del Terreno.**



*Fuente: Elaborado por Sustentante.*

**Nota:** La línea roja refleja la de sub – rasante del terreno natural.

**Tabla 79. Granulometría Banco de Préstamo No. 1.**

**IDISA**

**INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A.**

Barrio San Luis, del Edificio Amando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo

Teléfono: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095.

E-mail: idisa@turbonoff.com.ni

CLIENTE: ALCALDIA MUNICIPAL DE ESTELI

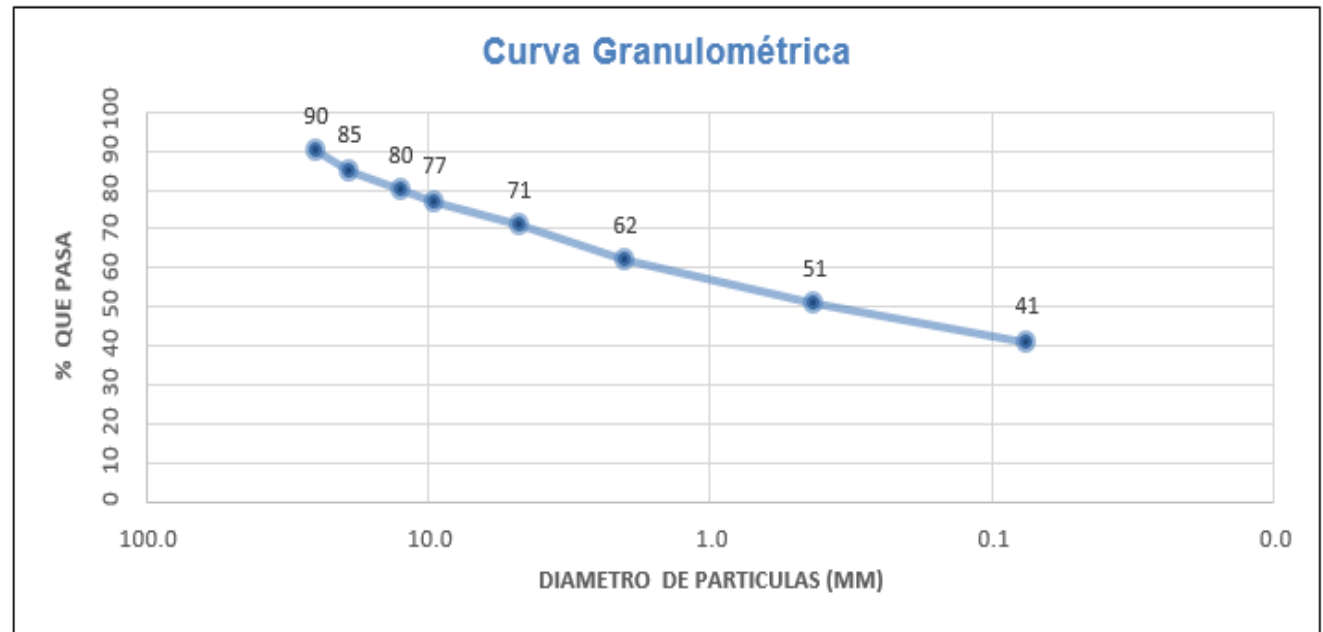
FECHA: 17/05/2017

PROYECTO: 800 METROS LINEALES DE CALLES Y AVENIDAS, Bo. VILLA ESPERANZA

PROCEDENCIA: BANCO "LA QUIATLLA"

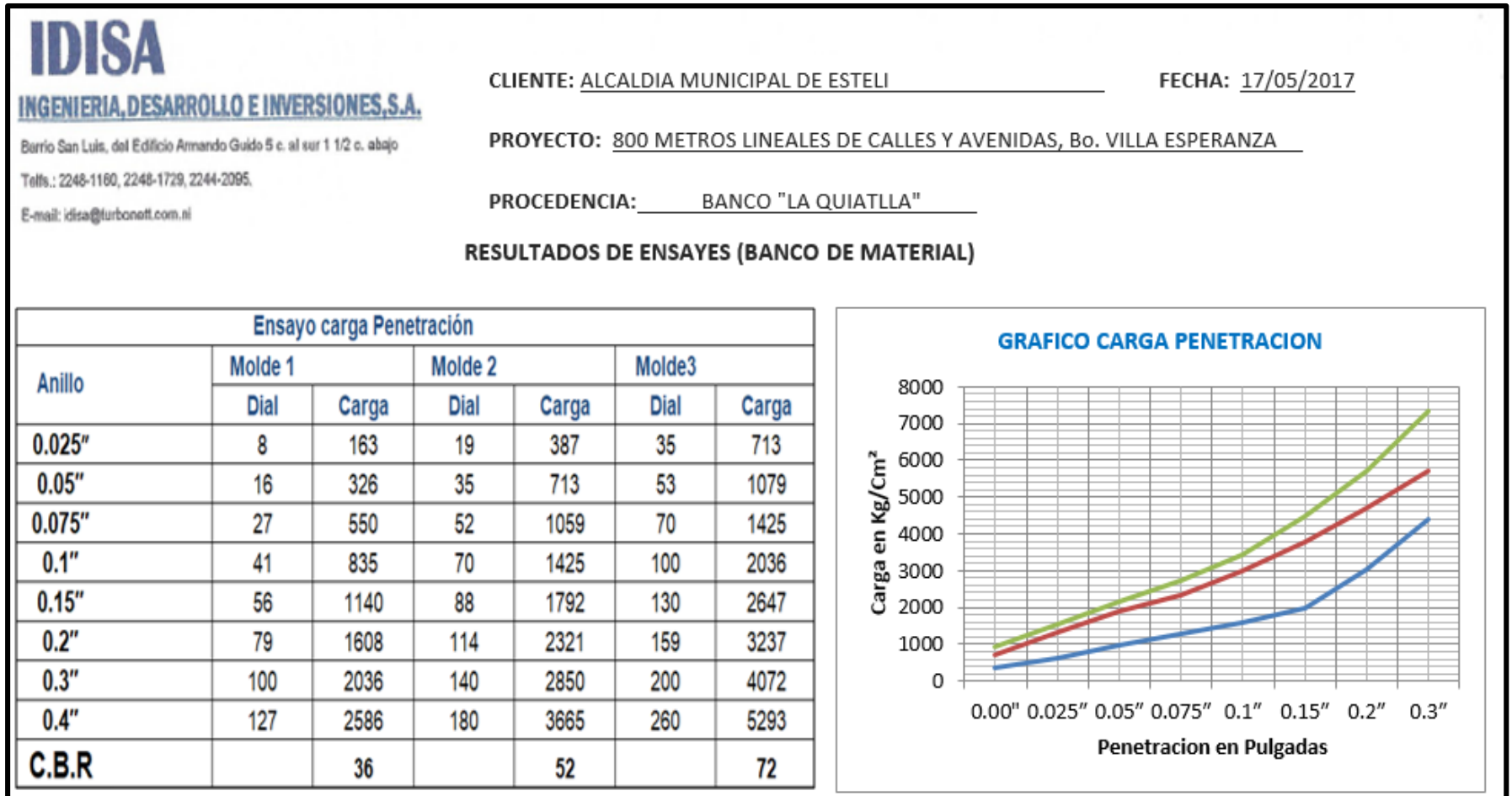
**RESULTADOS DE ENSAYES (BANCO DE MATERIAL)**

Tamices		% Que pasa la malla
3"	75	100
2 1/2"	63	100
2"	50	100
1 1/2"	37.5	99
1"	25.0	90
3/4"	19.0	85
1/2"	12.5	80
3/8"	9.5	77
No. 4	4.75	71
No. 10	2.00	62
No. 40	0.425	51
No. 200	0.075	41



*Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí- IDISA.*

Tabla 80. Ensaye de CBR del Banco de Materiales No. 1 (Muestra al 90,95,100%).



*Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí- IDISA.*



**Tabla 81. Granulometría Banco de Préstamo No. 2.**

**IDISA**

**INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A.**

Barrio San Luis, del Edificio Armando Guiso 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo

Teléfono: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095.

E-mail: idisa@turbonett.com.ni

CLIENTE: ALCALDIA MUNICIPAL DE ESTELI

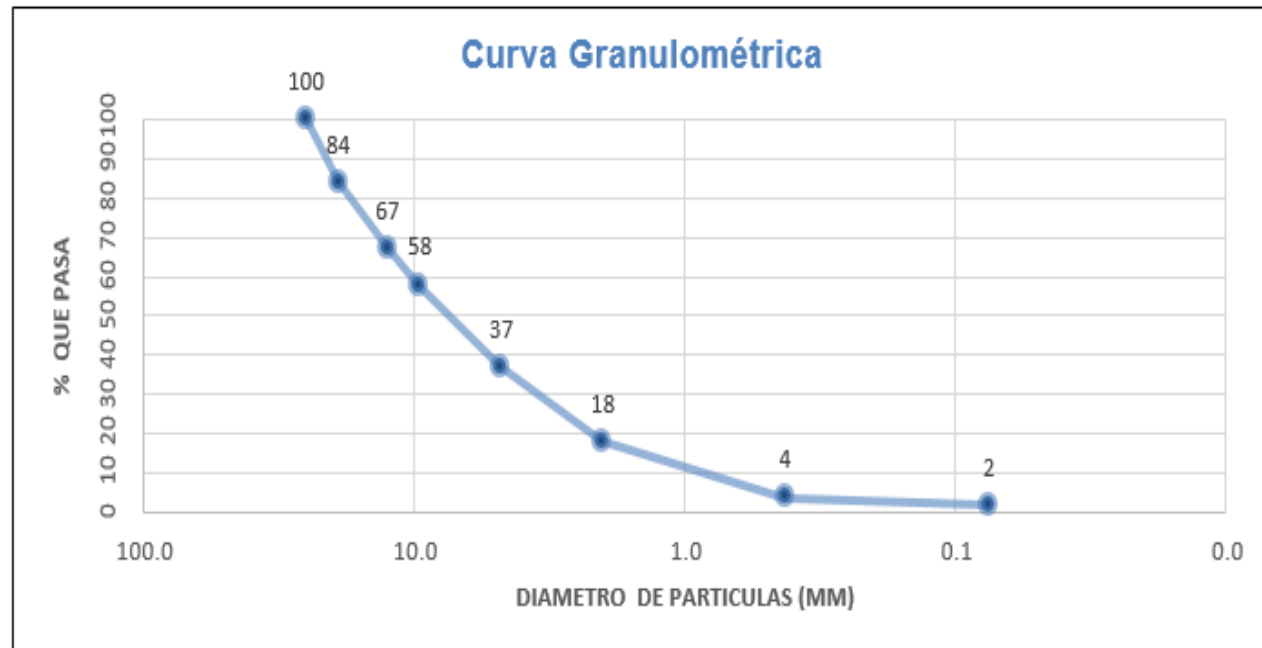
FECHA: 17/05/2017

PROYECTO: 800 METROS LINEALES DE CALLES Y AVENIDAS, Bo. VILLA ESPERANZA

PROCEDENCIA: BANCO "VILLA ESPERANZA"

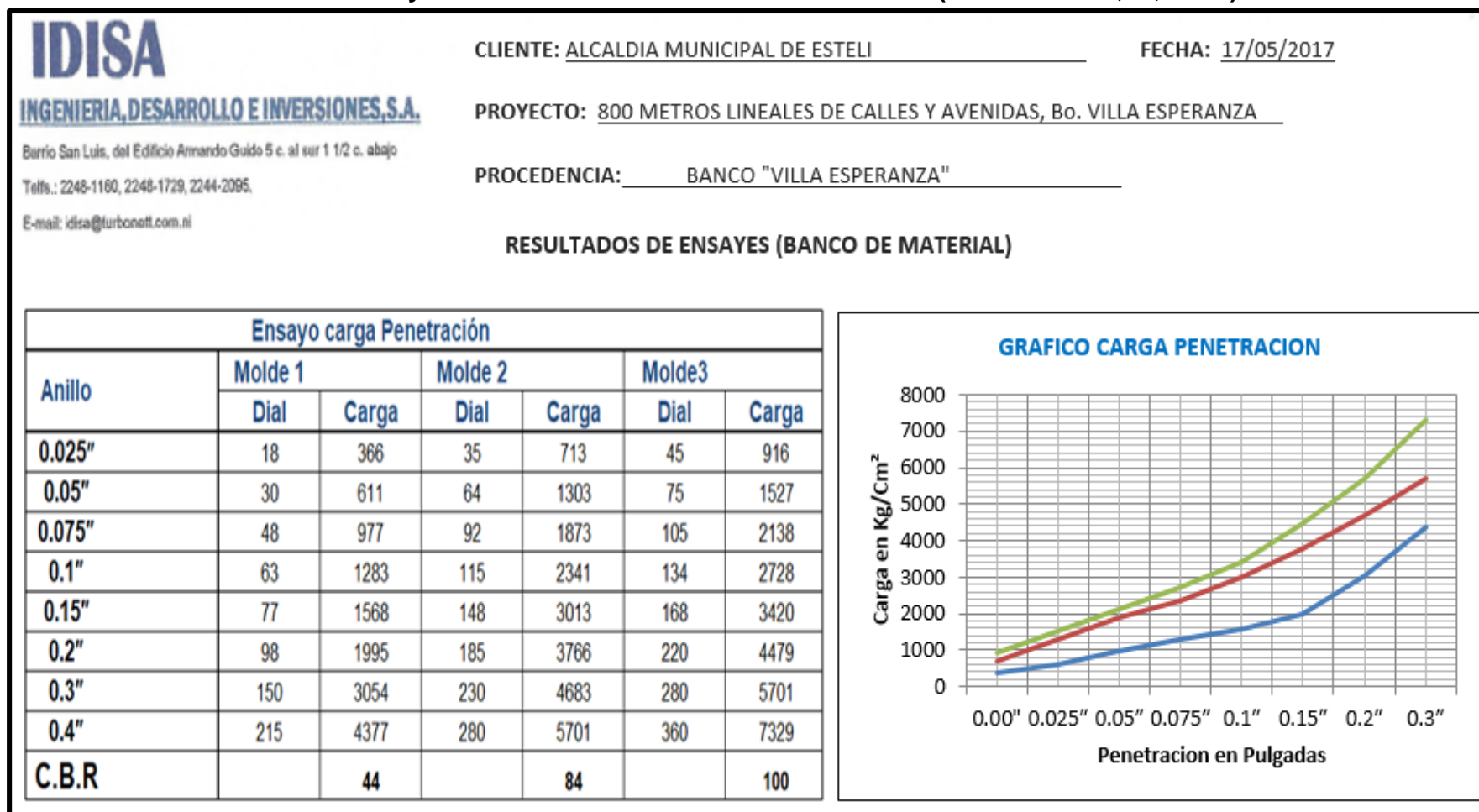
**RESULTADOS DE ENSAYES (BANCO DE MATERIAL)**

Tamices		% Que pasa la malla
3"	75	100
2 1/2"	63	100
2"	50	100
1 1/2"	37.5	100
1"	25.0	100
3/4"	19.0	84
1/2"	12.5	67
3/8"	9.5	58
No. 4	4.75	37
No. 10	2.00	18
No. 40	0.425	4
No. 200	0.075	2



**Fuente:** Alcaldía Municipal de Estelí- IDISA.

Tabla 82. Ensaye de CBR del Banco de Materiales No. 2 (Muestra al 90,95,100%).



*Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí- IDISA.*

**Imagen 44. Micro Cuenca Identificada (Mc-2 a Mc-7).**



*Fuente: Google Earth (2017).*

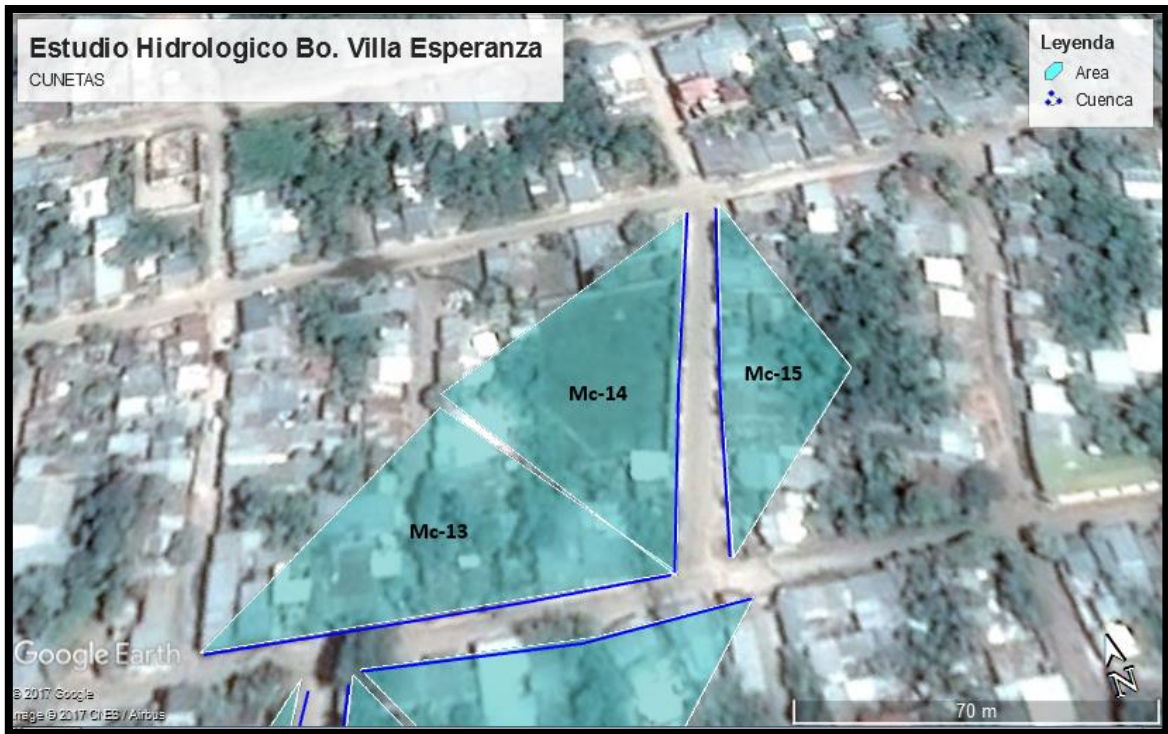
**Imagen 45. Micro Cuenca Identificada (Mc-8 a Mc-12).**



*Fuente: Google Earth (2017).*



**Imagen 46. Micro Cuenca Identificada (Mc-13 a Mc-15).**



*Fuente: Google Earth (2017).*

**Imagen 47. Micro Cuenca Identificada (Mc-8 a Mc-12).**



*Fuente: Google Earth (2017).*

**Imagen 48. Micro Cuenca Identificada (Mc-8 a Mc-12).**



**Fuente:** Google Earth (2017).

## GLOSARIO.

**Adoquines:** Son elementos contruidos de material pétreo y cemento colocados sobre una capa de arena, su función primordial es absorber las irregularidades que pudiera tener la base proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado.

**Adoquinado:** Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formada por adoquines.

**Agregados:** Un material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

**Agregado fino:** Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

**Agregado grueso:** Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

**Bache:** Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

**Bombeo:** Inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

**Banco de Material:** Lugar donde se extraerá material de préstamo para ser utilizado en una obra civil, en el cual es necesario conocer el tipo de suelos existentes en dicha zona así como el volumen aproximado de material que pueda ser utilizable.

**Base:** Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

**Calicata:** Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

**Capa sub-rasante:** Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

**Cama de Arena:** Esta capa se construye de 5 centímetros, con arena suelta, gruesa y limpia la cual no se compacta antes de colocar los adoquines sobre ella.

**Capacidad de carga ultima del terreno:** Es la presión requerida para producir la falla del terreno, sin considerar factores de seguridad.

**Carretera, Calle o Camino:** Términos genéricos que designan una vía terrestre para fines de circulación de vehículos y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía.

**Carretera no pavimentada:** Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

**Carretera pavimentada:** Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible), de concreto Pórtland (rígida) o de adoquín (articulado).

**Carpeta:** Debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente que resista los efectos abrasivos del tránsito, desde el punto de vista del objetivo funcional del pavimento es el elemento más importante.



**CBR. (Relación de Carga California):** Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón.

**Cota de rasante:** Valor numérico de un punto topográfico que representa el nivel terminado o rasante referido a un BENCH MARK (BM).

**Cota de terreno:** Valor numérico de un punto topográfico del terreno referido a un BENCH MARK (BM).

**Cuneta:** Canalillo lateral paralelo al eje de una carretera, camino o calle construida inmediatamente después del borde de los hombros, que permite el escurrimiento del agua, y a la vez, sirve de barrera entre la calzada y la acera.

**Elementos viales:** Conjunto de componentes físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial.

**Estación:** Lugar o punto específico donde se realizan conteos, para conocer las características del tráfico, la que será útil para el desarrollo de carreteras.

**Estación de control:** Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales; se realizan en caminos de adoquinado y asfalto, en tramos donde el tráfico es menor que una estación permanente. Sin embargo, su principal función es de llevar un control de las estaciones Permanentes y en donde se les efectúan conteos una vez al año a diferencia que las estaciones sumarias.

**Estación permanente:** Se encuentran ubicadas sobre la Red Troncal Principal, destacándose la zona Central y Pacífica del país, efectuándose conteos clasificados de 24 horas por día durante dos periodos en el año (verano-invierno), con duración de 7 días consecutivos en cada período.

**Estación sumaria:** Se caracterizan por estar en caminos que no han sido pavimentados, con un flujo vehicular moderado.



En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6 am a 6 pm) en períodos de tres (Martes – Miércoles – Jueves) generalmente en todo el transcurso del año se efectúan en épocas de Verano y/o Invierno.

**Estudio de impacto ambiental:** Son herramientas para predecir y su objetivo es buscar las relaciones de causalidad entre una actividad de desarrollo y el medio ambiente, medir o estimar los impactos ambientales y sociales que esto significa, y finalmente sugerir medidas para potenciar los efectos positivos y mitigar o eliminar los negativos.

**Intersección:** Caso en que dos o más vías se interceptan a nivel o desnivel.

**Índice de plasticidad:** Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

**Levantamiento topográfico:** Conjunto de operaciones de medidas efectuadas en el terreno para obtener los elementos necesarios y elaborar su representación gráfica.

**Límite líquido:** Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

**Módulo resiliente (suelos):** Esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado.

**Niveles de servicio:** Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad.

**Pavimento:** Es una capa o conjunto de capas de materiales seleccionados, comprendidos entre la subrasante y la superficie de rodamiento o rasante.

**Pavimento articulado:** Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual a su vez se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la sub-rasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento.

**Pendiente de la carretera:** Inclinación del eje de la carretera, en el sentido de avance.

**Proyecto:** La sección específica de la carretera, camino, calle o puente, junto con todas las obras que serán construidas.

**Sección transversal:** Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

**Sub- base:** Se coloca para absorber deformaciones perjudiciales de la terracería, también actúa como drenaje para desalojar el agua que se infiltra al pavimento y para impedir la ascensión capilar del agua procedente de la terracería hacia la base.

**Sub- rasante:** Es el nivel del terreno sobre el cual se asientan las capas de sub-base, base y carpeta del pavimento. Corresponde al nivel de lo que se conoce como terracería.

**Suelo:** Es un agregado natural no cementado de granos minerales y materia orgánica en descomposición, con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas que lo constituyen.

**Terraplén:** Es aquella parte de la estructura de una obra vial construida con material producto de un corte o un préstamo, la cual queda comprendida entre el terreno de fundación y el pavimento.

**Tránsito:** Circulación de personas y vehículos por calles, carreteras

**Vida útil:** Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.