UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

¨ DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN DE 2.65 KM DE CARRETERA, LA SIRENA-EMPALME EL REGADÍO, DEL MUNICIPIO DE ESTELI.¨

TESINA PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

Presentada por:

Br. Ramón Ernesto Díaz Altamirano.
Br. Julio Rafael Martínez Morales
Br. Jefrey Josué Pineda Vindell.

Tutor

Ing. Edson Alberto Rodríguez Solórzano

Managua, Nicaragua
Septiembre 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

¨ DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN DE 2.65 KM DE CARRETERA, LA SIRENA-EMPALME EL REGADÍO, DEL MUNICIPIO DE ESTELI.¨

TESINA PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

Presentada por:

Br. Ramón Ernesto Díaz Altamirano.
Br. Julio Rafael Martínez Morales
Br. Jefrey Josué Pineda Vindell.

Tutor

Ing. Edson Alberto Rodríguez Solórzano

Managua, Nicaragua
Septiembre 2014

Dedicatoria

En primer lugar se le agradece al Dios todo poderoso que con su grandioso amor y su gran misericordia nos permitió alcanzar un sueño más, a pesar de dificultades, luchas, pruebas hemos podido triunfar y con el esfuerzos de nuestros padres quienes nunca nos han dejado, siempre han estado de la mano y no dejaron de confiar en nosotros para poder gozar de esta bendición alcanzada hoy en día.

Agradecimientos:

A nuestros maestros por su paciencia, cariño y amor que nos brindaron en el tiempo compartido en el aula de clase que son momentos que solo se viven una vez en la vida y aquellas personas que en algún momento nos brindaron un valioso consejo, una palabra de aliento, de ánimo para poder seguir de pie en el camino de la vida.

Al ing. Edson Rodríguez por su esfuerzo y colaboración como tutor de tesina.

"Si alguno de ustedes requiere de sabiduría, pídasela a Dios, y él se la dará,
pues Dios se la da a todos en abundancia y sin hacer ningún reproche."
Santiago 1:5

Esteli 19 de septiembre 2014.

Dr. Oscar Gutiérrez Somarriba.
Decano
Facultad de Tecnología de la Construcción.
Universidad Nacional de Ingeniería.

Estimado Dr. Gutiérrez:

He leído la versión final de la tesina titulada ¨ **Diseño de estructura de pavimento de adoquín de 2.65 Km de carretera, La Sirena-Empalme el Regadío, del municipio de Esteli.**¨ elaborada por los bachilleres: **Ramón Ernesto Díaz Altamirano, Julio Rafael Martínez Morales y Jefrey Josué Pineda Vindell**, y de la cual soy Tutor.

Una vez que he leído y revisado, dicha Tesina, la encuentro satisfactoria para que haga la defensa ante las autoridades académicas correspondientes.

Sin más a que hacer referencia, aprovecho la oportunidad para desearle éxito en su gestión.

Atentamente:



Ing. Edson Alberto Rodríguez Solórzano.
TUTOR

C.C. Archivo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION

COORDINACIÓN DE FORMAS DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

HOJA DE CONCLUSION DE TESINA

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES: **1) Br. Ramón Ernesto Díaz Altamirano.** **2) Br. Julio Rafael Martínez Morales** **3) Br. Jefrey Josué Pineda Vindell.**
NOMBRE DEL CURSO: **Curso de obras viales.**
NOMBRE DE LA TESINA: **Diseño de estructura de pavimento de adoquín de 2.65 Km de carretera, La Sirena-Empalme el Regadío, del municipio de Esteli.**
ESPECIFIQUE AL MENOS DOS AREAS DE CONOCIMIENTO QUE ABORDARAN EN LA TESINA: **1) Estudio de tránsito.** **2) Estudio de suelo.** **3) Diseño de estructura de adoquín** **4) Evaluación de impacto ambiental.**
FECHA DE DEFENSA:
VALORACION DEL TUTOR SOBRE LA TESINA: **He leído y revisado, dicha Tesina, la cual cumple con los objetivos propuestos, por tal razón la encuentro satisfactoria para que haga la defensa ante las autoridades académicas correspondientes**
JURADO CALIFICADOR DE LA TESINA: **1)** **2)** **3)**
FIRMA COORDINADOR:_____



FIRMA DEL TUTOR:

Glosario de Definiciones Técnicas

En el documento serán empleados los siguientes términos técnicos, los cuales serán explicados a continuación:

- **Abióticos:** refiere al medio en el que no es posible la vida. Es el término opuesto a biótico, ya que nombra a lo que no forma parte o no es producto de los seres vivos.

- **Adoquín:** (del árabe ad-dukkân, "piedra escuadrada"), es una piedra o bloque labrado de forma rectangular que se utiliza en la construcción de pavimentos.

- **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 que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos

- **Biótico**: hace referencia a lo característico de los seres vivos o que está vinculado a ellos. También es aquello perteneciente o relativo a la biota (el conjunto de la flora y la fauna de una determinada región).

- **CBR:** es un ensayo para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala. CBR significa en español relación de soporte California, por las siglas en inglés de «California Bearing Ratio», aunque en países como México se

conoce también este ensayo por las siglas VRS, de Valor Relativo del Soporte.

- **Erosión:** es la degradación y el transporte del suelo o roca que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra. Entre estos agentes está la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos

- **Intemperismo**: proceso de degradación y descomposición que sufren las rocas y los minerales debido a la corrosión atmosférica.

- **Intensidad:** Grado de energía o fuerza de un agente natural o mecánico

- **Pavimento:** se define como pavimento a la estructura de una vía construida sobre la sub rasante y compuesta normalmente por la sub base, la base y la capa de rodamiento.Tiene como función principal soportar las cargas rodantes y transmitir los esfuerzos al terreno, distribuyéndolos en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales así como prever una superficie lisa y resistente para los efectos del tránsito.

- **Próctor:** es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno**.**

  Existen dos tipos de ensayo Próctor normalizados; el "Ensayo Próctor Normal", y el "Ensayo Próctor Modificado". La diferencia entre ambos estriba en la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Próctor modificado. Ambos ensayos se deben al ingeniero que les da nombre, Ralph R. Próctor (1933)

- **Rasante:** consideración de una línea, de una calle, camino o terreno con respecto a su inclinación con la horizontal.

Línea que marca el encuentro del terreno con el parámetro vertical de un edificio.

- **Sub base:** impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evitar que el pavimento sea absorbido por la sub-rasante. Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a las terracerías.

- **Sub rasante:** ancho total de la vía q contribuye la fundación del pavimento, hombrillos y zona de estabilización

- **Medio perceptual:** cada una de las partes integrantes del medio ambiente

- **Mitigación:** es la reducción de la vulnerabilidad, es decir la atenuación de los daños potenciales sobre la vida y los bienes causados por un evento

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

Abreviaturas

AASHTO: - American Associations of State Highway and Transportation Officials.

ASTM: - American Society for Testing Materials.
(Sociedad Americana para el ensayo de Materiales).

CBR: - California Bearing Ratio.
(Valor Soporte California).

ESAL´S: - Equivalent Axial Load.
(Cargas de Ejes Equivalentes).

IBCH: Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón

IP: - Índice de Plasticidad.

LP: - Limite Plástico.

LL: - Limite Líquido.

MR: - Modulo de Resiliencia.

MTI: - Ministerio de Transporte e Infraestructura, Nicaragua.

SN: - Numero Estructural.

TPDA: - Transito Promedio Diario.

INDICE

1. Introducción. 1
2. Antecedentes. 2
3. Justificación. 3
4. Objetivos 4
Objetivo General 4
Objetivos Específicos 4
..... 5
..... 5
CAPÍTULO 1. 5
Capítulo I: Estudio de tránsito 6
I.1 volúmenes de tránsito 7
I.2 Factores de ajustes para cálculo del TPDA 8
I.2.1 Factor día: 8
I.2.2 Factor semana: 8
I.2.3 Factor de expansión: 8
I.3 Composición vehicular 10
I.4 Información para Determinar el Transito del Carril de Diseño. 11
I.4.1 Periodo de diseño 11
I.4.2 Tránsito de diseño TD 12
I.4.3 Factores de Distribución del Tránsito 13
I.5 Variables que afectan el Estudio de Transito. 14
I.5.1 Tasa de Crecimiento. (T_C). 14
I.5.2 Factor de Crecimiento 18
I.6 Calculo del tránsito de diseño TD 18
I.7 Calculo de ejes equivalentes de diseño 19
..... 21

CAPÍTULO 2. 21

Capítulo 2: Estudio Geotécnico 22
II.1 Especificaciones para los materiales que forman la estructura de pavimento con adoquín. 23
II.1.1 Sub – rasante. 23
II.1.2 Sub – Base. 23
II.1.3 Base. 24
II.2 Trabajos de campo y Ensayos de laboratorio. 24
II.2.1 Sondeos de línea manual en la longitud del camino 24
II.2.2 Clasificación de las muestras 25
II.2.3 Resultados de sondeos en Banco de Préstamo. 29
II.3 Análisis de Resultados de los Sondeos Manuales en la longitud del tramo 31
II.4 Estabilización del suelo por medio de Cemento 32
II.4.1 Requisitos de materiales a ser estabilizados. 32
II.5 CBR de Diseño. 33
CAPÍTULO 3. 35
Capítulo 3: Diseño de estructura de pavimento de adoquín. 36
III.1 Método AASHTO 93 para el diseño y evaluación de pavimentos. 36
III.2 Criterios del método AASHTO 93 para cálculo de espesores 37
III.3 Variables a considerarse en el método AASHTO 93 37
III.3.1 Factores Equivalente de Carga (FE_i): 37
III.3.2 Ejes Equivalentes (ESAL o W18): 38
III.3.3 Confiabilidad (R). 38
III.3.4 Desviación Estándar (So). 39
III.3.5 Serviciabilidad 39
III.3.6 Perdida de Serviciabilidad (ΔPSI): 40
III.3.7 Módulo Resiliente. 40
III.4 Coeficiente de Capas (ai) 42
III.4.1 Carpeta de rodamiento: (a_1) 42
III.4.2 Base Tratada con Cemento: (a_2) 43
III.4.3 Sub-base: (a_3) 44
III.5 Drenaje 45
III.6 Cálculo de los Espesores del Pavimento de adoquín. 46
III.6.1 Números estructurales (SN). 46
III.6.2 Cálculo de espesores 48

III.7 Uso del software WinPas. 50
III.7.1 Pasos para cálculo de espesores utilizando WinPas. 50

CAPÍTULO 4. 53
Capítulo 4: Evaluación de impacto ambiental. 54
IV.1 Línea de base ambiental. 54
IV.2 Las actividades del proyecto vial que serán evaluadas son las siguientes: 54
IV.3 Interpretación de la matriz de importancia impactos positivos y negativos. 58
IV.3.1 En el caso de los impactos positivos 58
5. Conclusiones 63
6. Recomendaciones 64
7. Bibliografía 66
8. Anexos 67

1. Introducción.

El progreso en el sistema vial de la República de Nicaragua ha influido significativamente en el desarrollo de la economía a nivel nacional, ya que, tener buenas carreteras significa tener fácil comunicación entre poblaciones y facilitar la movilización de bienes y servicios, por ende favorece al comercio y beneficia la economía tanto a nivel de región como a nivel central.

El presente trabajo consiste en diseñar la estructura de pavimento de adoquín de 2.65 km de la carretera La Sirena-Empalme El Regadío, dicho tramo está ubicado al norte del municipio de Esteli, aproximadamente a 2 km de distancia de la carretera panamericana, yendo hacia el municipio de San Juan De Limay.

Actualmente el tramo en estudio se encuentra en estado regular y presenta una carpeta de rodamiento a base de macadán, la cual se deteriora considerablemente en periodos de invierno causando altos costos de operación a los productores de la zona y al transporte público, por lo tanto el diseño toma en consideración utilizar adoquín con una resistencia a la compresión 247kg/cm2 el cual se colocará sobre un colchón de arena de 5 cm de espesor.

Al pasar de un camino rudimentario a otro de especificaciones superiores se incentivara el avance de la economía en la región y en el país, sin embargo este tipo de obras conlleva un impacto al ambiente en la zona, por lo que se abordara un estudio de impacto ambiental con el fin de determinar si se presenta un impacto negativo y si es posible contrarrestar en caso de haberlo.

2. Antecedentes.

La construcción de carreteras en el mundo se da desde hace unos 4000 años antes de la era común, Ur es una antigua ciudad al sur de Mesopotamia donde se han encontrado carreteras pavimentadas que corresponden a esos tiempos (4000 años antes de la era común, sin embargo las primeras carreteras pavimentadas con adoquín se dan hace 25 siglos, Los cartagineses y romanos utilizaban adoquines en sus grandes vías para dotarlas de rapidez y duración.

En Nicaragua el desarrollo del sistema vial registro su mayor auge durante las décadas de los años 50 y 60 pasando de 590 Km. de carreteras (pavimentadas y no pavimentadas) en 1950 a un total de 11,201 Km. en 1969, es decir que se construyeron 10,021 Km. en ese período, de los cuales 906 Km. fueron carreteras pavimentadas. En el año 1952 se construyó la carretera Esteli-Regadío-Limay con una longitud vial aproximada de 37 km cuya carretera permitió que el comercio que Limay sostenía con León se revierta de modo que este se realizaría también por Esteli.

Desde esas fechas en que se construyó la carretera solamente se le ha dado mantenimiento periódico lo cual garantiza que la carretera esté en condiciones regulares durante poco tiempo ya que en invierno las altas precipitaciones que se dan en la zona deterioran nuevamente el camino quedando pedregoso y con hoyos de regular magnitud siendo los malogrados los productores de la zona, el transporte público y los enfermos que ameritan ser trasladados de emergencia hasta el hospital de Esteli.

En el año 2011 se adoquinaron aproximadamente 2.5 km de carretera del tramo en estudio lo cual fue de gran relevancia social ya que los pobladores cercanos se sentían atendidos nuevamente, el tiempo de viaje se vio disminuido así como el daño a los vehículos, sin embargo el problema no se resolvió del todo ya que uno de los tramos que se deteriora más es el que comienza del final del adoquinado hasta el empalme del Regadío.

3. Justificación.

Una carretera pavimentada obtiene gran importancia estratégica para el desarrollo económico y social de la zona por donde esta pasa, este tramo de carretera ya terminado servirá para brindar un mejor acceso permitiendo tener ahorro de tiempo, facilitar la movilización de bienes y servicios y comodidad y seguridad de transporte de los pobladores y turistas.

Este proyecto consiste en dar continuidad a los 2.5 km de adoquinado que se realizaron en el 2011 ya que el tramo más deteriorado no fue pavimentado.
La construcción de la carpeta de rodamiento para este tramo será a base de adoquines de concreto, los procesos para el pegado de adoquín y construcción de bordillo son sencillos y requieren la utilización de poca maquinaria, este alcance demandara el empleo de mucha mano de obra calificada y no calificada lo que generará fuentes de trabajo simultáneo, facilitando a los habitantes de la zona aledaña a la carretera, la oportunidad de generar ingresos laborando en el proyecto.

La realización de esta tesina tiene como fin contribuir a dar solución al problema existente en este tramo y poder ayudar a mejorar la red vial ya que el desarrollo de un país depende significativamente de sus carreteras.

4. Objetivos

Objetivo General

- ✓ “Diseñar estructura de pavimento de adoquín de 2.65 Km de carretera, La Sirena-Empalme El Regadío, de la ciudad de Esteli, Nicaragua; mediante el método de diseño de la AASHTO 93.”

Objetivos Específicos

- ✓ Realizar estudio de tránsito para determinar la cantidad de ejes que transitan la vía.

- ✓ Evaluar estudios de suelo realizados a lo largo de la vía y en los bancos de material para conocer propiedades físicas del suelo con que se trabajará.

- ✓ Determinar espesores de capas de la estructura de pavimento por el método AASHTO 93.

- ✓ Elaborar evaluación de impacto ambiental para identificar las actividades de mayor daño y proponer las obras de mitigación pertinentes.

ESTUDIO DE TRANSITO

CAPÍTULO 1.

Capítulo I: Estudio de tránsito

El objetivo de los estudios de transito es el de obtener a través de métodos sistemáticos de colecta de datos, información relativa a los tres elementos fundamentales del tráfico (hombre, vehículo y vía), aunque hoy en día se debe tomar en consideración el entorno ambiental y su interrelación.

Por medio de los estudios de transito es posible conocer el número de vehículos que circulan por una vía en un determinado periodo, lo cual es utilizado para diferentes acciones como: elaboración de flujogramas de intersección; indicándose los volúmenes de tráfico por tipo de vehículo y cuantificar los ejes de repetición o ejes equivalentes, para la determinación del paquete estructural de la carretera.

Para el cálculo del **TPDA** a utilizar en nuestro diseño realizamos un aforo manual apoyándonos en un formato de papel donde marcamos cada tipo de vehículo que pasaba por la estación 1+325, (ver anexos Fig.1) es decir nos ubicamos en el centro de la vía en estudio, ya que era el punto estratégico para realizar el aforo.

El aforo se realizó 12 horas durante 5 días comprendido del 24 de febrero 2014 al 28 de febrero del 2014; en horario de 6:00 a.m. a 5:00 p.m.

I.1 volúmenes de tránsito.

La información sobre volúmenes de transito es de gran utilidad en la planeación del transporte, diseño vial, operación del tránsito e investigación.

Los conteos realizados en el campo arrojaron los siguientes datos detallados en la tabla I.1

PERIODO: 24 FEB. 2014 - 28 FEBRERO 2014
TRAMO: LA SIRENA-EMPALME EL REGADIO

Nº	TIPO DE VEHICULO	TOTAL VEHICULOS EN EL PERIODO	PROMEDIO TP(D)	PROMEDIO AJUSTADO (TPD)
1	Motocicletas	340	68	68
2	Automóviles	11	2.2	2
3	Jeep	26	5,2	5
4	Camioneta	442	88,4	88
5	Microbús	12	2,4	2
6	Minibús	16	3,2	3
7	Bus	80	16	16
8	Liviano de carga	49	9.8	10
9	Camión de carga c2	38	7.6	8
10	Camión de carga c3	18	3.6	4
11	Camión de carga pesada tx-sx≤4	0	0	0
12	Tx-sx>5	0	0	0
13	Cx-Rx≤4	0	0	0
14	Cx-Rx>5	0	0	0
15	Vehículos agrícolas	1	0,2	1
16	Vehículos de construcción	0	0	0
17	Remolques (coche de equino)	2	0,4	1
TOTAL		1035	207	208

Tabla I.1 Transito promedio diario.

I.2 Factores de ajustes para cálculo del TPDA

Para estimar el valor del TPDA correspondiente a los datos obtenidos de los conteos en las estaciones de corta duración o conteo sumaria, se aplicaron los factores correspondientes de los valores de volúmenes de tráfico encontrados en las estaciones de mayor cobertura. *(*Ver anexos Fig. 4)

I.2.1 Factor día:

Corresponde a expandir el tráfico diurno de 12 horas a tráfico diario de 24 horas, se obtuvo mediante los resultados correspondientes de la estación de mayor cobertura 1802, siendo la fórmula para calcular

$$factor\ dia = 1 + (trafico\ nocturno)/(trafico\ diurno)$$

I.2.2 Factor semana:

Es el factor para expandir el resultado obtenido para un periodo corto de tres o cinco días de la semana al periodo semanal de siete días, siendo la fórmula para calcular:

$$factor\ semana = \frac{(Tlab * 5 + Tfs * 2)}{7 * Tlab}$$

Dónde:

Tlab: trafico levantado durante la semana.

Tfs: trafico levantado durante el fin de semana

I.2.3 Factor de expansión:

Es el factor para expandir el tráfico diario semanal al tránsito promedio diario anual TPDA obtenido de la estación de mayor cobertura 1802.

Quedando el ajuste de la siguiente manera:

PERIODO: 24 FEB. 2014 -
28 FEBRERO 2014
TRAMO: LA SIRENA-
EMPALME EL REGADIO

Nº	TIPO DE VEHICULO	TPD	FACTOR DIA	FACTOR SEMANA	FACTOR DE EXPANSION A TPDA	TOTAL TPDA
1	Motocicletas	68	1.26	0.96	1.18	97
2	Automóviles	2	1.48	1.06	0.98	3
3	Jeep	5	1.31	1.07	1.09	8
4	camioneta	88	1.28	1.06	1.04	124
5	Microbús	2	1.33	0.93	1.04	3
6	Minibús	3	1.15	0.98	0.82	3
7	Bus	16	1.19	1.01	0.97	19
8	Liviano de carga	10	1.25	0.94	0.97	11
9	Camión de carga c2	8	1.30	0.87	0.98	9
10	Camión de carga c3	4	1.18	0.93	0.76	3
11	Camión de carga pesada tx-sx≤4	0	1.00	1.00	1.00	0
12	Tx-sx>5	0	1.58	1.08	0.99	0
13	Cx-Rx≤4	0	1.00	1.00	1.00	0
14	Cx-Rx>5	0	1.00	1.00	1.00	0
15	Vehículos agrícolas	1	1.00	1.00	4.00	4
16	Vehículos de construcción	0	1.00	1.00	1.00	0
17	Remolques y/o tráileres	1	1.25	1.21	1.60	2
TOTAL						286

Tabla I.2 Transito promedio diario anual (ajustado)

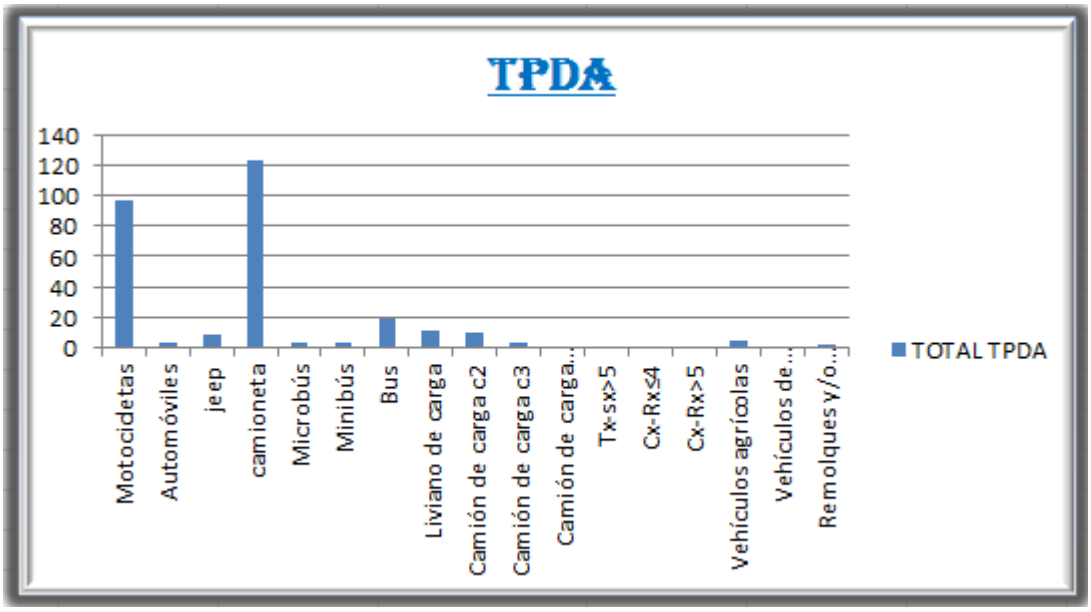
I.3 Composición vehicular

La composición correspondiente al sitio de estudio está clasificada de la siguiente manera:

Vehículos Livianos: corresponden al **83.22%** del tránsito total que circula por ese tramo, siendo a su vez los de mayor porcentaje las camionetas con un **43.36%**.

Vehículos Pesados: corresponden al **16.78%** del tránsito total que circula por ese tramo, siendo a su vez los de mayor porcentaje los Buses con un **6.64%**

Gráficamente la composición se detalla de la siguiente manera:



Grafica I.1 composición vehicular

I.4 Información para Determinar el Transito del Carril de Diseño.

I.4.1 Periodo de diseño.

Es el lapso durante el cual la estructura que se diseña deberá funcionar sin requerir de acciones de conservación diferentes a la de un mantenimiento rutinario.

Según el Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2001 el periodo recomendado para el tramo en estudio, clasificado como colectora sub-urbana, va de 10-20 años. Para efectos de diseño el periodo a utilizar es de 15 años.

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Autopista Regional	20 – 40 Años
Troncales Sub-urbanas	15 – 30 Años
Troncales Rurales	
Colectoras Sub-urbanas	10 – 20 Años
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2001.

Tabla I.3 Periodos de diseño por tipo de carretera

I.4.2 Tránsito de diseño TD

El Transito de Diseño (T_D) se obtiene según el modelo matemático recomendado por la AASTHO y resulta de multiplicar el **Transito Actual (TPDA)** de cada tipo de vehículo especificado en el conteo vehicular por el **Factor de Crecimiento (F_C)** de cada tipo de vehículo el cual depende de la **Tasa de Crecimiento (T_C)** para cada uno de ellos, y el **Periodo de Diseño (n)** considerando además **Factor de Distribución por Sentido (f_S), Factor de Distribución por carril. (f_C)** y la cantidad de días en el año **(365)**

$$T_D = TPDA \; x \; F_C \; x \; f_S \; x \; f_C \; x \; 365 \qquad \textbf{(EC I.1)}$$

Dónde:

TPDA = Transito Promedio Diario Anual.

F_C = Factor de Crecimiento.

f_S = Factor de Distribución por Sentido.

f_C = Factor de Distribución por Carril.

$$F_C = \frac{[(1+T_C)^n - 1]}{T_C} \qquad \textbf{(EC I.2)}$$

n = Periodo de Diseño.

T_C = Tasa de Crecimiento.

$$T_n = T_o \; x \; (1+i)^n \qquad \textbf{(EC I.3)}$$

T_n = Transito Proyectado.

T_o = Transito Inicial.

i = Tasa de Crecimiento Inicial.

I.4.3 Factores de Distribución del Tránsito

Los factores de distribución forman parte de las características de la vía, esta facilita la diferenciación de la vía y su servicialidad. Para el tránsito de diseño se consideran dos tipos de factores de distribución: Factor de distribución por sentido o dirección (f_S) y factor de distribución por carril (f_C).

I.4.3.1 Factor de Distribución por Sentido o Dirección (f_S).

Es el factor del total del flujo vehicular contado, en la mayoría de los casos así como en nuestro diseño este valor es de 0.5; ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad en dirección opuesta. Puede darse el caso de ser mayor en una dirección que en otra, lo cual puede deducirse del conteo de tránsito efectuado.

1.4.3.2 Factor de Distribución por carril. (f_C)

Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL'S. Para un camino de dos carriles, cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril.

Nuestro factor de distribución por carril (fc) es 1 por tener 1 carril en una sola dirección, como se muestra en la siguiente tabla del manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras regionales, SIECA 2001

NUMERO DE CARRILES EN UNA SOLA DIRECCION	Factor LD[11]
1	1
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 2001.

Tabla I.4 Factores de Distribución por carril

I.5 Variables que afectan el Estudio de Transito.

I.5.1 Tasa de Crecimiento. (T_C).

Es el incremento anual de volumen de tránsito en una vía, expresado en porcentajes. Se determina basándose en los datos de las estaciones de conteo, así como también tomando en cuenta otras variables, en nuestro caso consideramos, además de datos históricos del **TPDA** de la estación 3211, el **Producto Interno Bruto (PIB)** del periodo 2003-2013 y **el crecimiento de la población** de la zona en estudio desde el año 1906 hasta el año 2013, lo cual se muestra a continuación en la tabla I.5:

Año	PIB (en miles de millones)	TPDA EMC 1802	TPDA ECS 3211	POBLACION	
				Año	Datos
2003	28795,55	3602	125	1906	23355
2004	30325,22	3608	128	1920	30515
2005	31623,86			1940	38023
2006	32936,91			1950	43742
2007	34136,92		164	1963	69257
2008	35078,82	4555		1971	79164
2009	34563,43	4887		1995	174894
2010	36112	4936	165	2005	201548
2011	37412			2011	215384
2012	39432,28			2013	230000
2013	41482,76				
2014			286		

Fuente: BCN, Alcaldía de Estelí, Anuario de trafico 2010.

Tabla I.5 Datos históricos PIB-TPDA-POBLACION.

Para nuestro diseño proponemos hacer una proyección de tráfico considerando una sola tasa de crecimiento para vehículos livianos y pesados ya que el tramo en estudio presenta bajos volúmenes de tráfico con un TPDA menor a los 300 vpd por lo que no es de suma importancia hacer una proyección discriminando por cada tipo de vehículo.

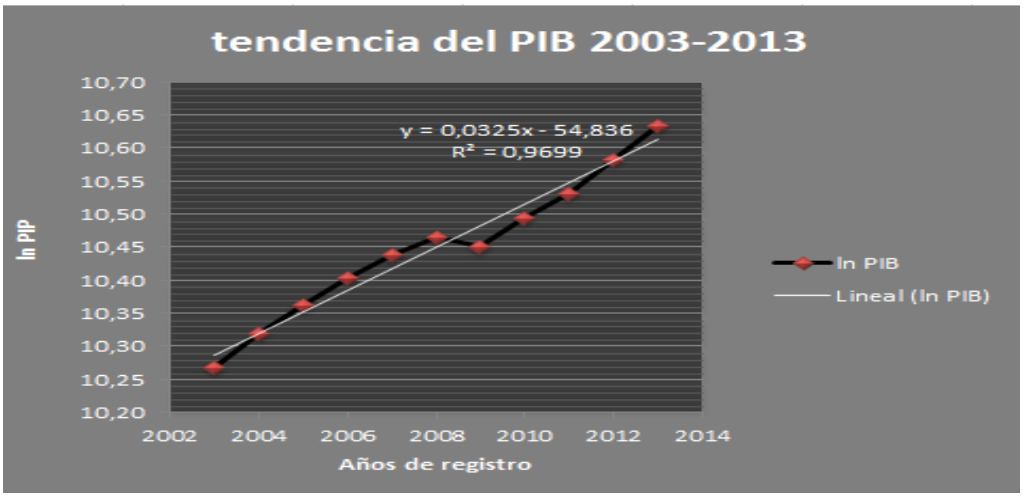
A continuación se presenta cálculos realizados de los logaritmos naturales previos al cálculo de la correlación de las variables.

Tabla I.6 Ln de Datos históricos PIB –TPDA-POBLACION.

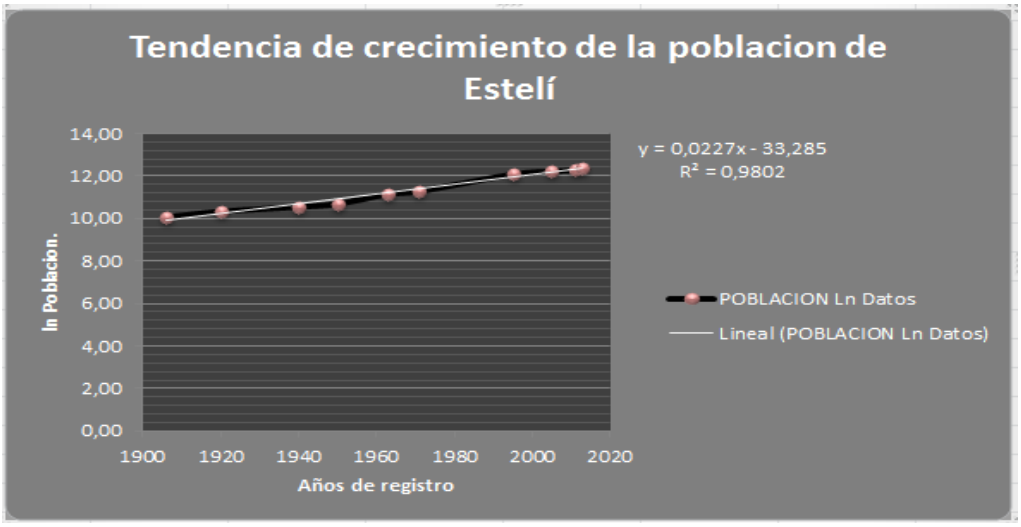
Año	Ln PIB (en miles de millones)	Ln TPDA EMC 1802	Ln TPDA ECS 3211	POBLACION	
				Año	Ln Datos
2003,00	10,27	8,19	4,83	1906,00	10,06
2004,00	10,32	8,19	4,85	1920,00	10,33
2005,00	10,36			1940,00	10,55
2006,00	10,40			1950,00	10,69
2007,00	10,44		5,10	1963,00	11,15
2008,00	10,47	8,42		1971,00	11,28
2009,00	10,45	8,49		1995,00	12,07
2010,00	10,49	8,50	5,11	2005,00	12,21
2011,00	10,53			2011,00	12,28
2012,00	10,58			2013,00	12,35
2013,00	10,63				
2014,00			5,66		

Fuente: Elaboración propia.

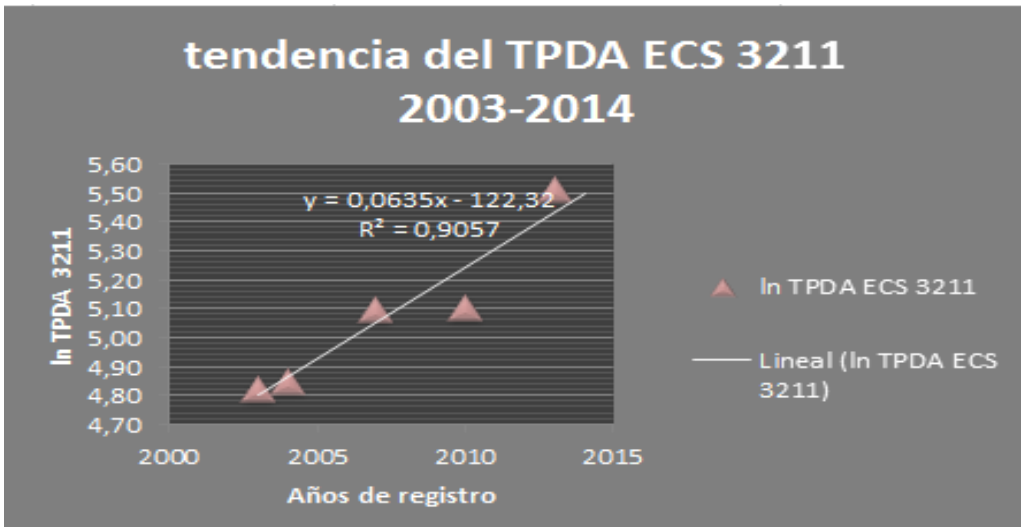
En primer lugar se revisa la correlación de cada una de las variables, así, en las siguientes gráficas se presentan las líneas de tendencias de las variables y su correlación



Grafica I.2 tendencia del PIB 2003-2013



Grafica I.3 tendencia del crecimiento de la población de Esteli 1906-2013

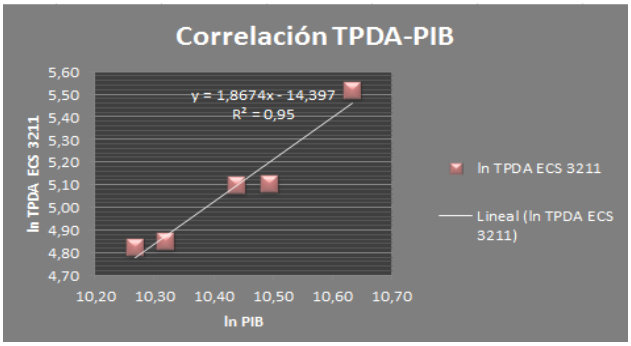


Grafica I.4 tendencia del TPDA ECS 3211(2003-2013)

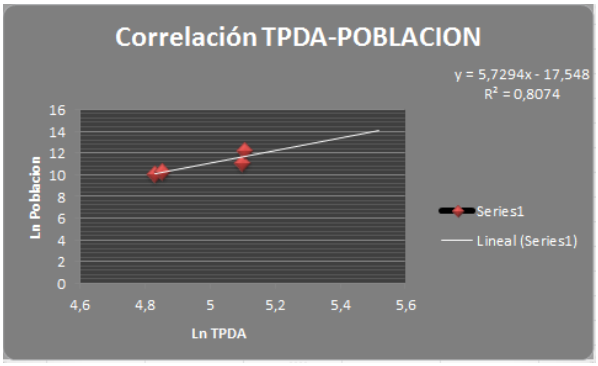
El cálculo de la correlación de los datos de cada variable en particular indica lo siguiente:

1- Los datos del PIB tienen una excelente correlación del 96.99% (R^2 =0,9699) además nos indican una tasa de crecimiento del 3.25% en el periodo comprendido del 2003 al 2013.
2- Los datos del crecimiento de la población de Esteli desde el año 1906 hasta el 2013 tienen una buena correlación de 98.02% y nos indican una tasa de crecimiento del 2.27%
3- Los datos del TPDA de la ECS 3211 tienen una buena correlación del 90.57% y nos indican una tasa de crecimiento del 6.35%

De igual manera se hizo el cálculo de la correlación entre el TPDA de la ECS 3211 y el PIB periodo 2003-2013 teniendo una buena correlación del 95%.



Grafica I.5 Correlación TPDA-PIB



En el cálculo de la correlación entre el TPDA de la ECS 3211 y la población de Esteli se tuvo una buena correlación del 80.74%.

Grafica I.6 Correlación TPDA-POBLACION.

Luego de analizar los datos anteriores y ver que se obtuvo buena correlación de las variables donde ninguna fue menor al 75% podemos sacar un promedio de las tasas de crecimiento del PIB, del TPDA de la ECS 3211 y de la POBLACION de Esteli, quedando el cálculo de la siguiente manera.

Tasa de Crecimiento del PIB	**3.25%**
Tasa de crecimiento TPDA	6.35%
Tasa de crecimiento Población de Esteli	2.27%
Tasa de crecimiento vehicular resultante	**3.95%**

I.5.2 Factor de Crecimiento

Está en función de la tasa anual de crecimiento y el período de diseño de la estructura de pavimento.

TIPO DE VEHICULO	TASA DE CRECIMIENTO	FACTOR DE CRECIMIENTO
Vehículos livianos y pesados	3.95%	19.95

I.6 Calculo del tránsito de diseño TD

Para calcular el tránsito de diseño utilizamos la siguiente ecuación:

$$T_D = TPDA \; x \; F_C \; x \; f_S \; x \; f_C \; x \; 365$$

Una vez teniendo todos los datos procedemos a resolver quedando el cálculo proyectado a 15 años como muestra la tabla I.7:

TIPO DE VEHICULO	TRANSITO ACTUAL (2014)	TRANSITO PROYECTADO (2029)	F.C	TRANSITO DE DISEÑO(*365)	FACTOR POR CARRIL Fc	FACTOR DE DIRECCION Fs	TRANSITO PARA EL CARRRIL DE DISEÑO
Motocicletas	97	173	19,95	1262917,275	0,5	1	631458,6374
Automóviles	3	5	19,95	39059,29716	0,5	1	19529,64858
jeep	8	14	19,95	104158,1258	0,5	1	52079,06288
camioneta	124	222	19,95	1614450,949	0,5	1	807225,4746
Microbús	3	5	19,95	39059,29716	0,5	1	19529,64858
Minibús	3	5	19,95	39059,29716	0,5	1	19529,64858
Bus	19	34	19,95	247375,5487	0,5	1	123687,7743
Liviano de carga	11	20	19,95	143217,4229	0,5	1	71608,71145
Camión de carga c2	9	16	19,95	117177,8915	0,5	1	58588,94573
Camión de carga c3	3	5	19,95	39059,29716	0,5	1	19529,64858
Camión de carga pesada tx-sx≤	0	0	19,95	0	0,5	1	0
Tx-sx>5	0	0	19,95	0	0,5	1	0
Cx-Rx≤4	0	0	19,95	0	0,5	1	0
Cx-Rx>5	0	0	19,95	0	0,5	1	0
Vehículos agrícolas	4	7	19,95	52079,06288	0,5	1	26039,53144
Vehículos de construcción	0	0	19,95	0	0,5	1	0
Remolques y/o tráileres	2	4	19,95	26039,53144	0,5	1	13019,76572
TOTAL							1861826,498

Tabla I.7 Transito para el carril de diseño.

I.7 Calculo de ejes equivalentes de diseño

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto está compuesto de vehículos de diferentes peso y numero de ejes y que para efectos de cálculo se les transforma en un numero de ejes equivalentes de 80KN o 18kips, por lo que se les denominara “Equivalent Simple axial load” o ESAL’s (ejes equivalentes).

Para realizar el cálculo del ESAL’s de diseño es necesario conocer con anticipación el peso de los vehículos que circularan por el camino durante el período de diseño y el factor de equivalencia de carga, luego con todos los datos recopilados anteriormente se realiza la tabla para obtener el valor de ESAL´S que soportaría la vía durante el periodo de diseño estimado, se debe de asumir un valor inicial de SN, para este diseño asumimos SN=5 (Ver Anexos Tabla 1, 2,3)

TIPO DE VEHICULO	PESO POR EJE(kips)	TIPO DE EJE	TD	TD corregido	FACTOR ESAL	ESAL DE DISEÑO
Automóviles	2000	**simple**	19529,64858	19530	0,0002	3,9059297
	2000	**simple**			0,0002	3,9059297
jeep	2000	**simple**	52079,06288	52079	0,0002	10,415813
	2000	**simple**			0,0002	10,415813
camioneta	2000	**simple**	807225,4746	807225	0,0002	161,44509
	4000	**simple**			0,002	1614,4509
Microbús	4000	**simple**	19529,64858	19530	0,002	39,059297
	6000	**simple**			0,009	175,76684
Minibús	6000	**simple**	19529,64858	19530	0,009	175,76684
	10000	**simple**			0,079	1542,8422
Bus	9000	**simple**	123687,7743	123688	0,055	6802,8276
	10000	**simple**			0,079	9771,3342
Liviano de carga	4000	**simple**	71608,71145	71609	0,002	143,21742
	11000	**simple**			0,1265	9058,502
Camión de carga c2	8000	**simple**	58588,94573	58589	0,031	1816,2573
	14000	**simple**			0,338	19803,064
Camión de carga c3	11000	**simple**	19529,64858	19530	0,1265	2470,5005
	36000	**doble**			1,38	26950,915
Vehículos agrícolas	9000	**simple**	26039,53144	26040	0,055	1432,1742
	24000	**doble**			0,239	6223,448
Remolques y/o tráileres	2000	**simple**	13019,76572	13020	0,0002	2,603952
	2000	**simple**			0,0002	2,603952
	2000	**simple**			0,0002	2,603952
	2000	**simple**			0,0002	2,603952
				TOTAL ESAL`S DE DISEÑO		**88220,631**

Tabla I.8 ESAL´S de diseño.

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CAPÍTULO 2.

Capítulo 2: Estudio Geotécnico

En el presente apartado se describirán los métodos y elementos utilizados para llevar a cabo el estudio de suelos además de los resultados obtenidos en el tramo a diseñar, por medio del cual se conocen las características tanto físicas como mecánicas del mismo para saber si amerita tratamiento o un cambio de material en las capas que lo requieran, por lo que también se analizarán datos para bancos de materiales aledaños al área del proyecto. Los datos fueron proporcionados por la empresa consultora ASP Consultores en base a estudios realizados en la zona.

Para obtener datos necesarios para el diseño de pavimento fue necesario realizar una serie de investigaciones de campo, las cuales se describen a continuación:

- ✓ Sondeos manuales en toda la longitud del camino, alternando entre lado izquierdo y lado derecho de la vía a cada 200 metros.
- ✓ Sondeos manuales en bancos de materiales.
- ✓ Ensayos de laboratorio a las muestras provenientes de los sondeos manuales tanto para el tramo carretero como para el banco de préstamo.

Por medio de las pruebas de laboratorio podemos determinar entre otras las más importantes, análisis de granulometría, límite líquido, límite plástico, densidad y CBR (AASTHO – T193-63).

II.1 Especificaciones para los materiales que forman la estructura de pavimento con adoquín.

El pavimento a base de adoquín consta de un conjunto de capas superpuestas una sobre otra de manera que se transmitan las cargas (que sobre este pavimento pasarán o permanecerán) hasta la capa más inferior de suelo natural (sub-rasante) que es donde se disipan en su totalidad las cargas, de modo que cada capa sufra las menores deformaciones posibles al transmitir dichas cargas, todo esto sin omitir la superficie de rodamiento la cual está conformada por piezas de hormigón sólido, independientes una de otra, las cuales tienen una geometría uniforme, ligadas entre sí con arena previamente cribada.

Las capas que componen la estructura de pavimento se describen a continuación por orden ascendente de manera breve.

II.1.1 Sub – rasante.

Esta capa es la encargada de soportar toda la estructura de pavimento y como se mencionó anteriormente en esta capa se deben de disipar todas las cargas tanto de la estructura como del tránsito que sobre éste pavimento pasará en todo su periodo de diseño, por tanto, esta capa debe prolongarse hasta una profundidad a la que pueda cumplir su función, es por tal motivo que esta capa se le puede llamar “fundación de la estructura”.

II.1.2 Sub – Base.

Es la que se encarga de absorber las variaciones propias del suelo debido a las cargas del tránsito de modo que la Sub-rasante no sea afectada directamente, visto de otra manera la sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad en la sub-rasante, que de no ser retenidos por la sub-base ocasionarían daños serios a la sub-rasante.

La sub-base se utiliza además como capa de drenaje y de control de ascensión capilar de agua, protegiendo así la capa de pavimento, por lo que generalmente se utilizan materiales granulares.

II.1.3 Base.

Es la capa de pavimento que tiene la función primordial de distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub – base y por medio de ella a la sub- rasante. Por otra parte esta capa es la que recibe sobre sí misma la carpeta de rodamiento, para este caso los adoquines de hormigón.

Las propiedades que debe cumplir la base son las siguientes:

Especificaciones de Material de Base			
Nº	**Propiedad**	**Especificación**	**Metodología**
1	Limite Liquido	25% Máx.	ASSTHO T-89
2	Índice Plástico	15% Máx.	ASSTHO T-90
3	CBR	60 % Min.	ASSTHO T-193
4	Desgaste de Los Angeles	50% Máx.	ASSTHO T-96
5	Intemperismo Acelerado	12% Máx.	ASSTHO T-104
6	Compactación	95 % Min. del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio del ensaye próctor modificado	ASSTHO T-191
Especificaciones NIC 2000 Sección: 1003.09 (a y b), 1003.23.II (b)			

Tabla II.1 Especificaciones de material de Base.

II.2 Trabajos de campo y Ensayos de laboratorio.

II.2.1 Sondeos de línea manual en la longitud del camino

Según datos proporcionados por la empresa ASP Consultores, en la longitud del tramo en estudio se realizaron sondeos en promedio de 5.28 por kilómetro, es decir que se realizaron a cada 200 metros, para un total de 14 sondeos.

Los sondeos consistieron básicamente en perforaciones manuales a cielo abierto, con dimensiones aproximadas de 35 cms de diámetro x 100 cms de

profundidad, distribuidos a cada 200 metros uno del otro de forma alterna entre lado izquierdo y lado derecho de la vía tomando como referencia el eje central de la vía.

De los sondeos se obtuvo un total de 25 muestras representativas de los estratos de suelo encontrados, lo cual, nos da un promedio de 1.78 muestras por sondeo. Las muestras obtenidas fueron sometidas a pruebas de laboratorio con el fin de obtener datos necesarios para el diseño como los mostrados a continuación:

Tipo de Ensaye	Designación A.A.S.H.T.O
Análisis granulométrico	T - 2788
Límite líquido	T 89 – 02
Límite Plástico	T 90 – 97
Índice de Plasticidad	T 90 – 97
Peso Unitario Estándar Comp.	T 99 – 01
Ensaye C.B.R.	T 193 – 81

Tabla II.2 Tipos de ensaye

II.2.2 Clasificación de las muestras

Para la clasificación de las muestras por medio de la AASTHO es necesario conocer el informe granulométrico de las mismas a modo de conocer el porcentaje de retención de partículas por cada tamiz. Además de lo antes mencionado es necesario conocer el índice de grupo y la consistencia del suelo, la cual se conoce a partir de los límites de Atterberg, estos datos corresponden al Límite Líquido y el Índice de Plasticidad. (Ver Anexos Tabla 4)

El límite líquido no es más que la máxima cantidad de humedad que puede llegar a tener un suelo sin que este pase de un estado plástico a un estado líquido. Se dice que un suelo se encuentra en estado líquido cuando la resistencia al corte del suelo es tan baja que un mínimo esfuerzo lo hace fluir.

El índice plástico indica el grado de contenido de humedad en el cual un suelo permanece en estado plástico antes de cambiar a un estado líquido. Éste se calcula mediante la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico. (Fonseca, 2001)

El límite plástico es la mínima cantidad de humedad que un determinado suelo requiere para volverse a un estado plástico. Un suelo al encontrarse en estado plástico puede deformarse con gran facilidad sin recuperar su forma original, por lo que es inelástico en su totalidad, además de sufrir cambios de volumen y agrietamientos. (Fonseca, 2001)

La secuencia de los suelos encontrados en el estudio de suelo brindado por la empresa de consultoría ASP Consultores (a una profundidad máxima de 1 metro por sondeo) es la siguiente:

Sondeo Manual 1(Estación 0 + 000)

En este sondeo se encontraron dos estratos hasta la profundidad de 1 metro obteniendo dos muestras para este sondeo. La primera corresponde a un suelo A-2-4 el cual es suelo con presencia de gravas y arenas limosas o arcillosas cuyo índice plástico equivale a 10.32 y su profundidad es de 0.80 metros desde la superficie del terreno.

La segunda muestra presenta un suelo clasificado A-5, siendo este, un suelo de fracción fina y limoso. Su profundidad es de 0.20 m desde la culminación del estrato de la primera muestra.

Sondeo Manual 2 (Estación 0 + 200)

Con un solo estrato encontrado se obtuvo una muestra, la cual se encuentra a 0.80 metros desde la superficie. El estrato encontrado es representativo del grupo A-2-7, siendo este gravas y arenas limosas o arcillosas con un índice plástico de 34.

Sondeo Manual 3 (Estación 0 + 400)

En este sondeo al igual que el primero, se encontró dos estratos con profundidades de 00 metros a 0.55 metros y de 0.55 metros a 1.00 metros respectivamente. El primer estrato es un suelo limoso clasificado como un A-2-4, siendo estas gravas arenas limosas o arcillosas. El segundo estrato presenta suelo arcilloso que pertenece al grupo A-7-5.

Sondeo Manual 4 (Estación 0 + 600)

En este sondeo se encontraron dos estratos a profundidades de 00 metros a 0.45 metros y de 0.45 metros a 1.00 metro respectivamente, ambos estratos son de fracción fina, el primer estrato es un suelo limoso del grupo A-5 y el segundo es un suelo arcilloso del grupo A-7-5.

Sondeo Manual 5 (Estación 0 + 800)

En este sondeo se encuentran dos estratos a una profundidad en metros de 0.00 a 0.35 m y de 0.35 m a 1.00 m respectivamente. La primera muestra presenta un suelo con clasificación A-2-4 por lo que es notorio por su clasificación que es un material de grano grueso. La segunda muestra representa un suelo clasificado como A-7-5, el cual es un suelo arcilloso por tanto es de fracción fina.

Sondeo Manual 6 (Estación 1 + 000)

Este sondeo presenta un suelo A-7-5 hasta una profundidad de 0.00 m a 1.00 m. Este suelo al igual que el anterior es un suelo arcilloso con presencia de mucha fracción fina.

Sondeo Manual 7 (Estación 1 + 200)

En este sondeo se observa un caso algo inusual, ya que de la muestra anterior a la actual, existe un cambio muy notorio en el tipo de suelo teniendo en cuenta las profundidades de esta muestra y la anterior equivale a 1.00 metro desde la superficie. La muestra representa un suelo con baja cantidad de grano fino se clasifica como A-2-7 el cual es un suelo con gravas y arenas limosas o arcillosas.

Sondeo Manual 8 (Estación 1 + 400)

Dos estratos son observados en este sondeo, con profundidades de 0.00 a 0.40 metros y de 0.40 a 1.00 metros. Los suelos presentes son A-2-7 (gravas y arenas limosas o arcillosas) y A-7-5 (suelos arcillosos) donde el límite liquido es mayor que su índice plástico.

Sondeo Manual 9 (Estación 1 + 600)

En este sondeo se encuentran dos estratos a profundidades de 0.00 a 0.30 metros y de 0.30 a 1.00 metro. La clasificación de cada uno de ellos es A-6 para la primera muestra, la cual es un suelo arcilloso. La segunda muestra es un suelo perteneciente al grupo A-7-5, el cual también es un suelo arcilloso muy plástico.

Sondeo Manual 10 (Estación 1 + 800)

Dos estratos son observados en esta sondeo manual, las profundidades de estos estratos son de 0.00 a 0.27 metros y de 0.27 a 1.00 metros. La clasificación de los suelos presentes son A-2-5 (Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas) y A-7-5 (suelos arcillosos) donde el límite líquido es mayor que su índice plástico.

Sondeo Manual 11 (Estación 2 + 000)

Las dos muestras obtenidas de este sondeo se encuentran a profundidades de 0.00 a 0.30 metros y de 0.30 a 1.00 metro. La primera muestra se clasifica como un Suelo A-2-5, el cual es un suelo con presencia de gravas y arenas limosas y arcillosas. La segunda muestra se ubica en el grupo A-7-5 (Suelos arcillosos altamente plásticos).

Sondeo Manual 12 (Estación 2 + 200)

En este las dos muestras obtenidas se encuentran a profundidades de 0.00 a 0.30 metros y de 0.30 a 1.00 metro. La primera muestra se clasifica como un Suelo A-2-5, el cual es un suelo con presencia de gravas y arenas limosas y

arcillosas. La segunda muestra se ubica en el grupo A-7-5 (Suelos arcillosos altamente plásticos).

Sondeo Manual 13 (Estación 2 + 400)

Las dos muestras obtenidas de dos estratos encontrados describen una de ellas como un suelo de gravas y arenas limosas y arcillosas, clasificada como A-2-7 y a la otra como un suelo arcilloso, perteneciente al grupo A-7-5 con partículas predominantemente finas, lo contrario a la anterior muestra que describe un suelo de fracción gruesa.

Sondeo Manual 14 (Estación 2 + 600)

En este sondeo se encontraron dos muestras obtenidas de dos estratos encontrados, una de ellas se clasifica como un suelo de gravas y arenas limosas y arcillosas, lo que según ASSTHO se tipifica como un suelo A-2-7 y a la otra como un suelo arcilloso, perteneciente al grupo A-7-5 con partículas predominantemente finas.

II.2.3 Resultados de sondeos en Banco de Préstamo.

Con el objeto de dar mejores condiciones a las capas que componen la estructura de pavimento, se encontraron dos bancos de préstamo, para hacer los mejoramientos donde sea requerido.

Estos bancos de préstamo se encuentran en la estación 2 + 300 y en la estación 5 + 000 se puede observar el segundo banco de préstamo, se encuentra retirado del área de diseño de la estructura a una longitud de 2.35 Km.

Las calicatas se hicieron de forma manual a cielo abierto con diámetros de 1.00 metros y una profundidad de hasta 3 metros. El material representativo de las muestras corresponde a un material alterado dado que este fue triturado de manera mecánica antes de realizarle las pruebas de laboratorio.

Las fuentes de materiales se presentan en la tabla II.3

Banco	Ubicación	% Que pasa Malla					LL	IP	C.B.R. a Compactac.	
		2"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200			95	100
2+300	Est. 2+300; 50 m Izquierda.	92	36	25	5	2	36	8	56	76
5+000	Est. 5+000; 50 m derecha	85	22	12	7	6	34	10	55	75

Tabla II.3 Fuentes de materiales con sus características (ASP Consultores)

Como se puede observar en la tabla II.3 las muestras están conformadas por materiales granulares, correspondientes a gravas y arenas limosas o arcillosas con fragmentos de granos finos relativamente bajos. Según el sistema clasificatorio AASTHO, el material de ambas muestras es perteneciente al grupo A-2-4 con un índice de grupo igual a cero (0). El CBR para cada una de las muestras esta en base al 95% y 100% de próctor estándar, con valores al 95% de 56 y 55 respectivamente y valores al 100% de 76 y 75 respectivos.

Siempre en base al sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, este material se caracteriza como bueno para ser utilizado como material de base en estructuras de pavimento, aunque no cumple con otros criterios como lo es el CBR y límite de Atterberg. Por tanto el material que se requiera de estos bancos para base, deberán ser estabilizados.

Ya que los resultados de los bancos de material son muy similares, se tomará el material del banco de préstamo de la estación 2 + 300, por ser éste el más cercano al área del proyecto, de modo que se genere reducción en el tiempo de transporte de material y de costos relacionados al movimiento de tierra.

II.3 Análisis de Resultados de los Sondeos Manuales en la longitud del tramo

Como se puede observar en la clasificación de los sondeos, el material que compone la terracería del camino en estudio es muy variable tanto en propiedades del suelo como en las profundidades a las que se encuentran los estratos. Incluso se puede notar que en la estación 1 + 000 la Sub-rasante se encuentra expuesta y alcanza una profundidad de 1.00 m que fue hasta donde se profundizó el sondeo, dicha muestra está compuesta de material arcilloso altamente plástico y en la estación 1+ 200 hay un cambio notorio en el tipo de suelo con una profundidad igual a la anterior de 1.00 m, este suelo se clasifica como un A – 2 – 7, el cual está compuesto por Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas.

De la estación 0 + 000 a la 0 + 400, la estación 0 + 800, 1 + 400 y en las estaciones 1 + 800 a 2 + 600, las muestras del estrato superior describen suelos de gravas y arenas limosas o arcillosas hasta una profundidad máxima de 0.80 metros y una mínima de 0.25 metros.

El material presente en la zona es abundante en suelo altamente plástico, por lo que para la sub-rasante prevalecerán los suelos de las estaciones antes descritas y el material del resto de las estaciones será removido hasta la profundidad de 0.25 m, que es valor correspondiente a la mínima profundidad a la que se encuentra el cambio de estrato a un suelo plástico. Este material removido será recompensado con material del banco de material seleccionado (Banco de Material Estación 2 + 300).

II.4 Estabilización del suelo por medio de Cemento

La estabilización de suelos consiste en modificar sus características por medio de la adición de un conglomerante (cal o cemento) para permitir su aprovechamiento en las mejores condiciones posibles. Por medio de esta técnica se puede mejorar las propiedades mecánicas del suelo, así como su capacidad de soporte.

Para este caso se tomó como aglutinante el cemento dado que es un método conocido en nuestro país, siendo este el más usado, consecuentemente se posee experiencia de resultados positivos obtenidos.

II.4.1 Requisitos de materiales a ser estabilizados.

Tamaño máximo	2 - 40 mm
% que pasa por el tamiz de 0.075 mm	Máx. 35%
Índice de Plasticidad	Máx. 25
CBR a 95%	mín. 30%

Por el hecho de no tener el diseño para la dosificación de suelo-cemento que se requerirá, además de conocer los resultados de las pruebas de resistencia, se propone usar un valor de resistencia a la compresión de 1,800 KN/m2 ó 270 psi, dado que este valor representa el mínimo establecido en la sección 1003.23-II.d de la NIC-2000, medida después de 7 días de curado y 7 días de saturación, con una mezcla compactada a 95% de AASTHO modificado.

II.5 CBR de Diseño.

CBR (California Bearing Ratio: Valor de Soporte California) Es la resistencia al corte del suelo expresada en porcentaje y sirve para poder evaluar la calidad del terreno para las capas de la estructura de pavimento (sub rasante, sub base y base).

El CBR se obtiene como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón una profundidad de 0.1 pulgadas en una muestra de suelo, y el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, la misma profundidad de 0.1 pulgadas en una muestra patrón de piedra triturada (Trujillo, 2013).

Uno de los métodos más usados 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.

II.5.1 Criterio del Instituto de Asfalto

Límites para la selección de resistencia	
Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
menores a 10,000	60
entre 10,000 y 1,000,000	75
mayores a 1,000,000	87.5

Tabla II.4 Límites para la selección de resistencia *Fuente: Especificaciones NIC 2000 Cap. 7*

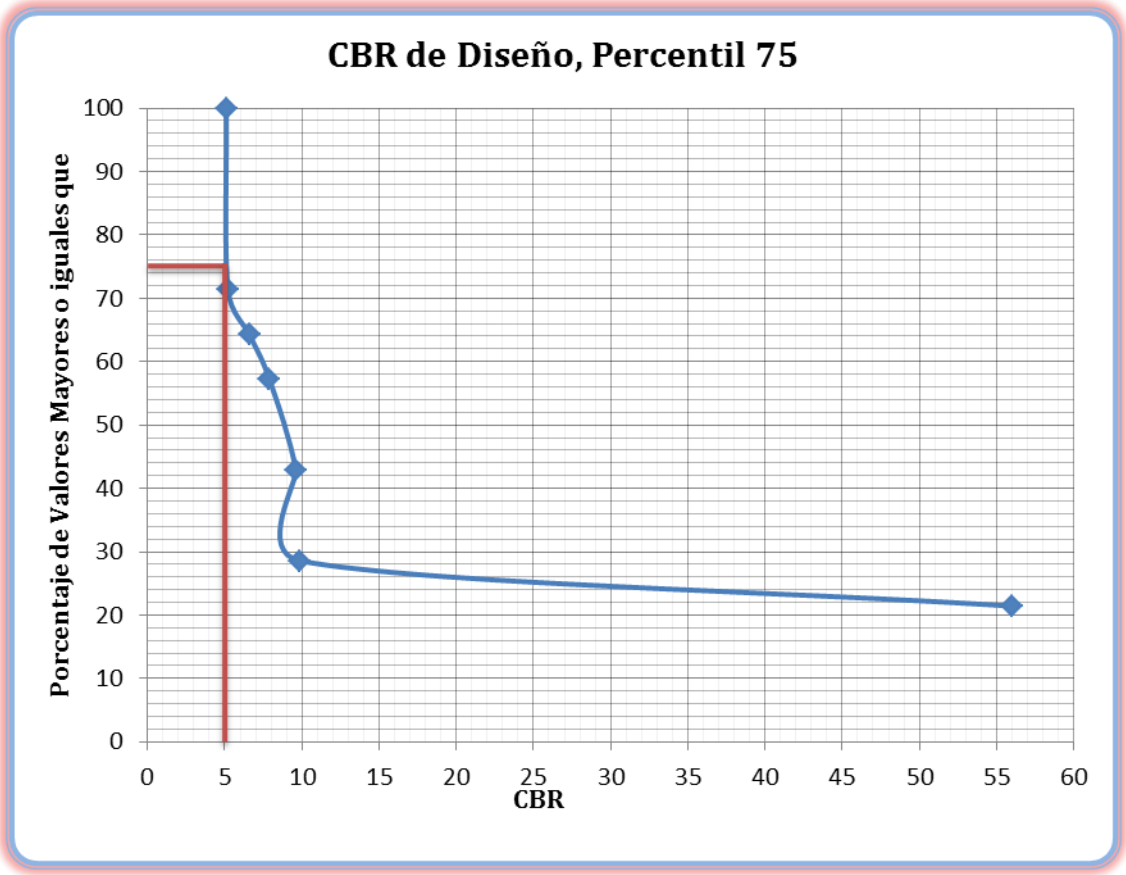
En la elaboración del estudio de tránsito, se obtiene que el tránsito para el carril de diseño equivale a **88,220.63** siendo evidente que el rango a utilizar es de 10,000 a 1,000,000 y por ende el percentil que se usará es el 75%.

El cálculo del valor de CBR de diseño se describe y muestra a continuación para la sub rasante.

Valores y porcentajes de CBR de la sub rasante.

CBR (95%)	Frecuencia	CBR iguales o mayores	Porcentaje
5.1	4	14	100.00
5.2	1	10	71.43
6.6	1	9	64.29
7.9	2	8	57.14
9.6	2	6	42.86
9.9	1	4	28.57
56	3	3	21.43

Tabla II.5 CBR de sub-rasante (Fuente: Elaboración propia)



Aplicando el método del instituto de Asfalto, se ha elegido un **C.B.R de diseño para la sub rasante de 5.05%**, siendo este un valor representativo de los valores encontrados en los sondeos manuales.

DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE ADOQUIN

CAPÍTULO 3.

Capítulo 3: Diseño de estructura de pavimento de adoquín.

III.1 Método AASHTO 93 para el diseño y evaluación de pavimentos.

La guía AASHTO 93 mantiene las ecuaciones de comportamiento de los pavimentos que se establecieron en el Experimento Vial de la AASHO en 1961, como los modelos básicos que deben ser empleados en el diseño de pavimentos; introduciendo, sin embargo, los cambios más importantes sucedidos en diferentes áreas del diseño, incluyendo las siguientes:

1- Incorporación de un factor de confiabilidad.
2- Sustitución del Valor Soporte del Suelo (Si), por el Módulo Resiliente.
3- Empleo de los módulos Resilientes para la determinación de los coeficientes estructurales.
4- Establecimiento de guías para la construcción de sistemas de sub-drenajes.
5- Sustitución del "Factor Regional" -valor indudablemente bastante subjetivo- por un enfoque más racional que toma en consideración los efectos de las características ambientales

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

III.2 Criterios del método AASHTO 93 para cálculo de espesores

1. Determinar el número de Ejes Equivalentes (ESAL'S).
2. Obtener las Variables de diseño:
    - Factores Equivalente de Carga.
    - Peso por ejes.
    - Confiabilidad deseada
    - Desviación Estándar
    - Serviciabilidad.
    - Módulo de Resiliencia.

3. Establecer las Propiedades de los materiales de cada capa, representada por los coeficientes estructurales (a_i).
4. Calcular los espesores del pavimento considerando el esfuerzo a la compresión de cada capa.

III.3 Variables a considerarse en el método AASHTO 93

III.3.1 Factores Equivalente de Carga (FE_i):

Una carga estándar para diseño de pavimentos flexibles de carreteras y calles es el eje de 8.2 Ton. (18,000 LBS).

Existen para el pavimento flexible diferentes factores equivalentes (FE_i) para distintos tipos de cargas por eje, y distintos índices de Serviciabilidad, para este caso asumimos un índice de serviciabilidad final de $\mathbf{P_t = 2.0}$

III.3.2 Ejes Equivalentes (ESAL o W18):

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

ESAL o W18= TD*FESAL

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 en la tabla 1.8 se procedió a la determinación de los Ejes equivalente (ESAL) para cada eje y tipo de vehículos, teniendo un **ESAL o W18= 88,220.631**

III.3.3 Confiabilidad (R).

Es el grado de confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento. (AASHTO, 1993)

Tabla III.1 porcentajes de confiabilidad

Clasificación Funcional	*Nivel recomendados por AASHTO para carreteras*
Carretera interestatal o Autopista	80-99.9
Red Principal o Federal	75-95
Red secundaria o estatal	75-95
Red Rural o Local	50-80

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos AASHTO 1993(Traducción por el IBCH)

Para este diseño se utilizará una confiabilidad de **R= 80%**

III.3.4 Desviación Estándar (So).

La desviación estándar del sistema representa las posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

Para este diseño se utiliza So=0.45 apoyados de la tabla III.2

Tabla III.2 Desviación Estándar (So).

Error Estándar Combinado (So).

Condición	**Pavimentos Rígidos**	**Pavimentos Flexibles**
En Construcción Nueva	0.35	→ 0.45
En Sobrecapas	0.39	0.49

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos AASHTO 1993(Traducción por el IBCH)

III.3.5 Serviciabilidad

Se define como la manera en que un pavimento cumple su función de ser cómoda, fácil, rápida y segura para la circulación de los vehículos

III.3.5.1 El Índice de Serviciabilidad Inicial (ρo):

Se define en función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción. Se recomienda una ρo=4.2, para pavimento flexible, y una ρo=4.5 para pavimentos rígidos, según el Manual Diseño de Pavimentos AASTHO-93 cap. 8.2.5 pp. 172*(*Traducción por el IBCH)

III.3.5.2 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 cuyo pavimento se diseña.

Para caminos de menor tránsito se estableció un **Pt de 2.0** según el Manual Diseño de Pavimentos AASTHO-93 pp. 172. (Traducción por el IBCH) el cual se utiliza en este diseño.

III.3.6 Perdida de Serviciabilidad (ΔPSI):

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea el ΔPSI mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = Po - Pt$$

En este diseño se trabajó con un valor de:

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

III.3.7 Módulo Resiliente.

La resiliencia es una energía potencial de deformación, el módulo resiliente reemplaza al CBR como variable para caracterizar la sub rasante, sub base y base. Es obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de cada uno de los materiales.

La guía de diseño de la AASTHO, establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo resiliente de la sub rasante.

Valor de CBR	***Consideración***
CBR<10%	*Mr=1500*CBR*
10%<CBR<20%	$Mr=3000*CBR^{0.65}$
CBR>20%	Mr=4326*Ln(CBR)+241

Fuente: Manual de Diseño de pavimentos AASHTO 1993.(Prologo del IBCH)

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la sub rasante de 5.05%, utilizaremos el primer criterio para calcular el módulo resiliente de la sub rasante, por tanto,

Mr=1,500*CBR → Mr=1,500*5.05%→ Mr=7575 psi

El módulo resiliente de la sub rasante es, **Mr=7575 psi.**

Como la base es mejorada con cemento, para obtener el módulo resiliente, se utilizó el nomograma propuesto por la AASTHO (*Ver Figura III.1),* en el que se establece una relación entre la resistencia a la compresión del material de la base después de 7 días, el coeficiente estructural y el módulo resiliente. En este caso se está haciendo el análisis proponiendo una resistencia a la compresión de 270 psi, obteniendo como resultado un **Mr=560,000 psi**.

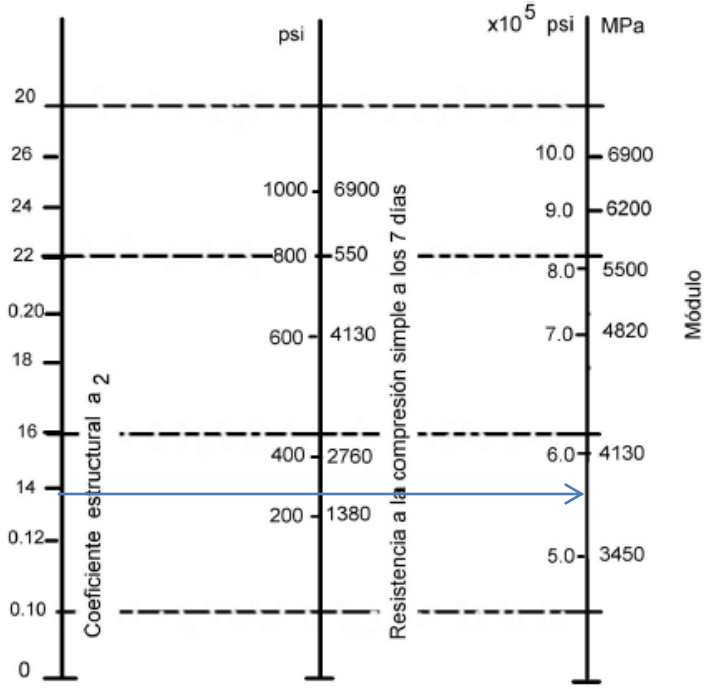


Figura III.1 Nomograma para calcular MR de base mejorada con cemento.

III.4 Coeficiente de Capas (ai)

El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_i), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de pavimento con adoquines.

Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales

(SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento.

III.4.1 Carpeta de rodamiento: (a_1)

Debido a que no se cuenta con nomogramas para el cálculo de coeficiente estructural de la carpeta de rodadura se procede a realizar la estimación de a1 de la siguiente manera:

En este caso el valor del coeficiente estructural para la capa de rodamiento (adoquín) se obtiene de la investigación desarrollada por la “Cement & Concret Association del Reino Unido por Allan Liley y John Knapton”, asumiendo que una carpeta de rodamiento compuesta por adoquines se comporta mejor estructuralmente que el pavimento asfaltico y poco menos que el pavimento rígido ante las cargas que se ejercen sobre ella. De este principio a la capa de rodadura se le asignan valores de coeficiente AASHTO entre 0.42 y 0.44. De donde por consideraciones de diseño el valor de a_1=0.44

III.4.2 Base Tratada con Cemento: (a_2)

El valor del coeficiente estructural de capa de base tratada con cemento **(a_2)** se determina con el uso del nomograma de la figura 5.19 de la guía AASTHO (Ver Fig. III.2) Tomando como parámetro de entrada el valor del esfuerzo a la compresión del suelo estabilizado de 270 PSI, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical izquierda con el valor de **$a_2 = 0.139$**

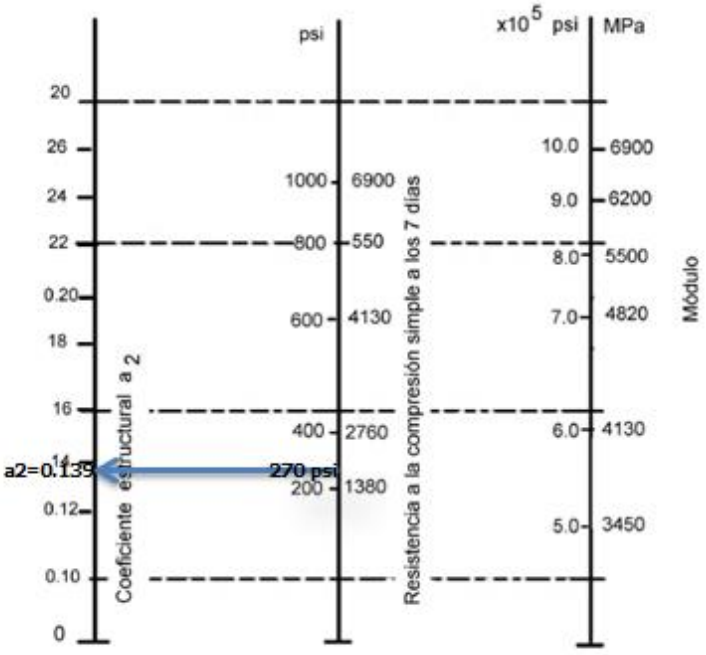


Figura III.2 Nomograma para calcular a2

III.4.3 Sub-base: (a_3)

El valor del coeficiente estructural de capa de sub-base **(a_3)** se determina con el uso del nomograma de la figura 5.18 de la guía AASTHO (Ver fig. III.3) Tomando como parámetro de entrada el CBR del banco de material a utilizarse, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical izquierda con el valor de **a_3 = 0.126**

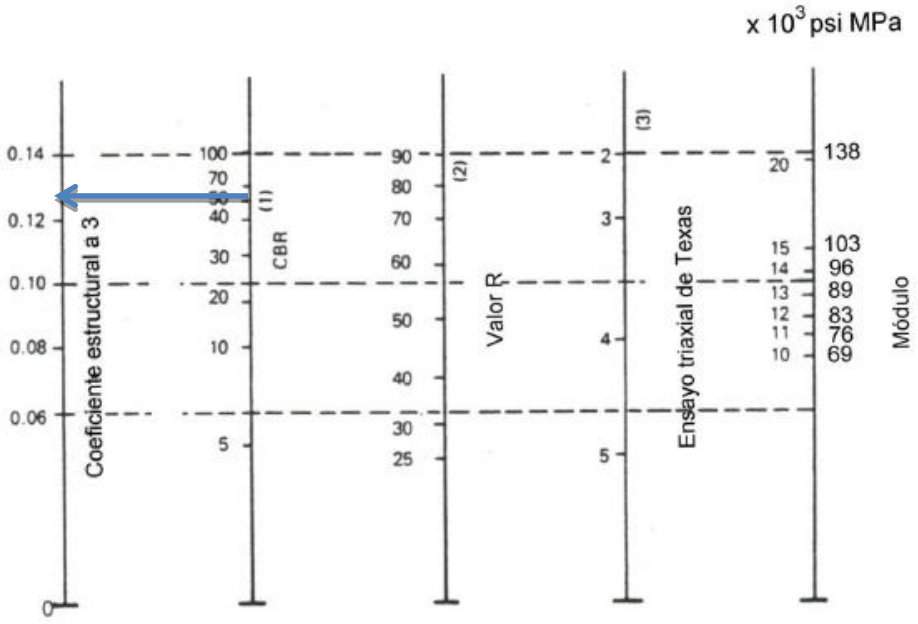


Figura III.3 Nomograma para calcular a3

III.5 Drenaje

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, se anticipa con el tiempo para ocasionar daños a las estructuras del pavimento.

El coeficiente de drenaje se expresa en la fórmula del número estructural por medio del drenaje **(m_i)** que toma en cuenta las capas no ligadas.

Calidad de Drenaje	Porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Excelente	1.40 a 1.35	1.35 a 1.30	1.30 a 1.20	1.20
Bueno	1.35 a 1.25	1.25 a 1.15	1.15 a 1.00	1.00
Regular	1.25 a 1.15	1.15 a 1.05	1.00 a 0.80	0.80
Pobre	1.15 a 1.05	1.05 a 0.80	0.80 a 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 a 0.95	0.95 a 0.75	0.75 a 0.40	0.40

Fuente: Manual de Diseño de pavimentos AASHTO 1993.(Traducción por el IBCH)

Tabla III.3 Valores de drenaje

Para la estimación de los coeficientes de drenaje tomamos en cuenta el tipo de clima del área donde se localiza el tramo en estudio.

En la región norte la estación lluviosa se prolonga con respecto al resto del país por tanto es muy probable que la estructura de pavimento una vez construida

permanezca en condiciones muy cercanas a la saturación durante largos periodos de tiempo.

Por tanto es adecuado considerar que el porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación será mayor al 25%.

De igual forma debemos tomar en cuenta la calidad del drenaje de la carretera, el cual consideramos bueno debido a las pendientes moderadas que presenta el terreno y a las obras de mitigación que se construirán a lo largo de la vía en estudio.

Es importante aclarar que el diseño del drenaje no es parte de los alcances de este documento, y que el coeficiente de drenaje será el mismo para todas las capas de la estructura.

III.6 Cálculo de los Espesores del Pavimento de adoquín.

III.6.1 Números estructurales (SN).

Es la capacidad que posee la estructura de soportar las cargas bajo las condiciones de diseño.

Para obtener los números estructurales (SN), se hará uso del ábaco de diseño para pavimentos flexibles propuesto por la AASTHO, donde se deben tener en cuenta ciertas variables como: Confiabilidad, desviación estándar, esal´s de diseño, el módulo resiliente de la capa inferior a la que se pretende calcular y la pérdida de serviciabilidad (ΔPSI).

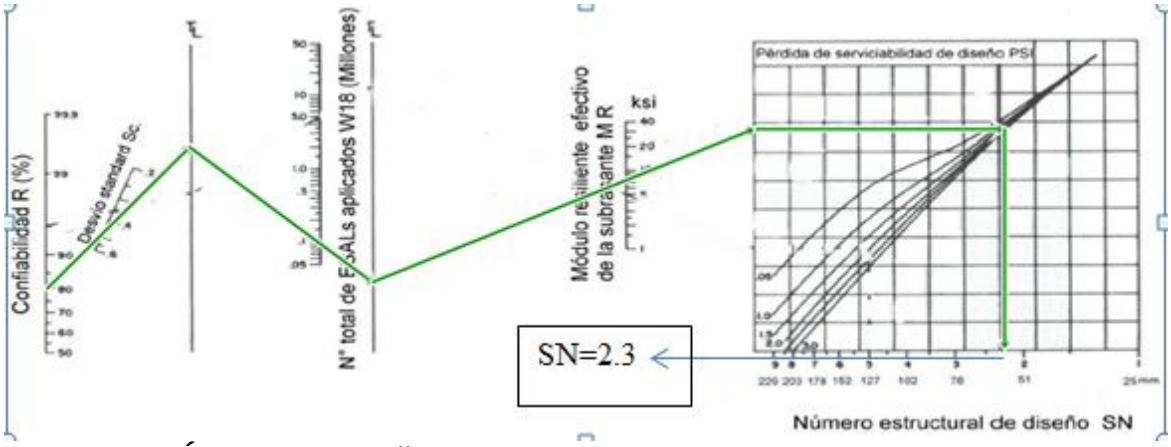


Figura III.4 Ábaco de diseño AASTHO para pavimentos flexibles

Con la fig. III.4 se obtiene un valor llamado numero estructural SN (structural number) y en función del mismo, se determinan los distintos espesores de capas que forman el paquete estructural.

Las variables de entrada en este ábaco de diseño son:

• Tránsito estimado por carril, W18, a lo largo de la vida útil del pavimento

• Confiabilidad R

• Desvío estándar de todas las variables So

• Módulo resiliente efectivo (que tenga en cuenta las variaciones a lo largo del año) de la subrasante

MR

• Pérdida de serviciabilidad _PSI

La expresión que liga el número estructural con los espesores de capa es:

SN =a1D1+ a2m2D2+ a3m3D3 = + +…

Dónde:

a1, a2, a3 son los coeficientes estructurales o de capa, adimensionales.

m2, m3 son los coeficientes de drenaje.

D1, D2, D3 son los espesores de capas, en pulg o mm, en este sentido, el número estructural llevará las unidades de los espesores de las diferentes capas del pavimento.

III.6.2 Cálculo de espesores

Habiendo obtenido el SN requerido aplicando la formula SNreq= (a1*D1)+ (a2*D2*m2)+ (a3*m3*D3) se procede al cálculo de los espesores de las base y sub-base.

Dónde:

SN: Numero Estructural requerido = 2.3

a_1: Coeficiente estructural de la Capa de Rodamiento (adoquín) = 0.44

D_1: Espesor de la capa de rodamiento (adoquín) = 4 pulgadas

a_2: Coeficiente estructural de la Capa Base = 0.139

m_2: Coeficiente de Drenaje para la base = 1

D_2: Espesor de la Capa Base tratada con cemento = ¿?

a_3: Coeficiente estructural de la Capa Sub-Base = 0.126

m_3: Coeficiente de Drenaje para la subbase = 1

D_3: Espesor de la Capa Sub-Base = ¿?

Se despeja D2 de la ecuación SNreq= (a1*D1*m1)+(a2*D2*m2) sabiendo que el espesor del adoquín es 10 cm:

$$D2 = \frac{\mathrm{SN} - (\mathrm{a1D1})}{\mathrm{a2m2}}$$

Entonces:

$D2 = 2.3 - (0.44 * 4)/0.139 * 1 = 3.9$ pulgadas $\approx$ 4 pulgadas de capa base.

SN corregido= (a1*D1)+(a2*D2*m2)=(0.44*4)+(0.139*4*1)=1.76+0.556

SN corregido=2.31

D3=SN-(a1*D1)-(a2*D2*m2)/a3m3

D3=2.31-(0.44*4)-(0.139*4*1)/(0.126*1)=-0.006/0.126= -0.04 (NO es necesario sub-base)

Espesores de la estructura de pavimento

En resumen se han obtenido los siguientes espesores:

CAPA	ESPESORES	
	PULGADAS	CENTIMETROS
Carpeta de rodamiento(Adoquín)	4	10
Arena	2	5
Base	4	10
Sub-base	0	0

*No es necesario utilizar sub-base

Numero de ESAL´S	Concreto Asfaltico (cm)	Base Granular(cm)
Menos de 50,000	2.50	10.00
50,000 a 150,000	5.00	10.00
150,000 a 500,000	6.50	10.00
500,000 a 2,000,000	7.50	15.00
2,000,000 a 7,000,000	9.00	15.00
Más de 7,000,000	10.00	15.00

Tabla III.4 Espesores mínimos sugeridos por capa

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993 (Traducción por el IBCH)

III.7 Uso del software WinPas.

Ya se ha presentado la forma de calcular el SN requerido utilizando el ábaco de diseño para pavimentos flexibles propuesto por la AASTHO (ver fig. III.4) sin embargo esta forma no es del todo precisa por los errores al trazar las líneas con lápiz, por lo que es conveniente tener un programa de computación con el cual se logra exactitud y rapidez en la obtención del resultado. Para este diseño se utiliza el software WinPas, el cual fue desarrollado por la American Concrete Pavement Association (ACPA), y es utilizado para el cálculo de la estructura de pavimentos flexibles y rígidos; basándose en la guía de diseño de estructuras de pavimentos AASTHO 93.

III.7.1 Pasos para cálculo de espesores utilizando WinPas.

1. Primeramente en la ventana de inicio del programa seleccionamos Design/Analysis y activamos la opción Asphalt Pavement Design/Analysis luego damos clic en OK tal como se muestra en la fig. III.5

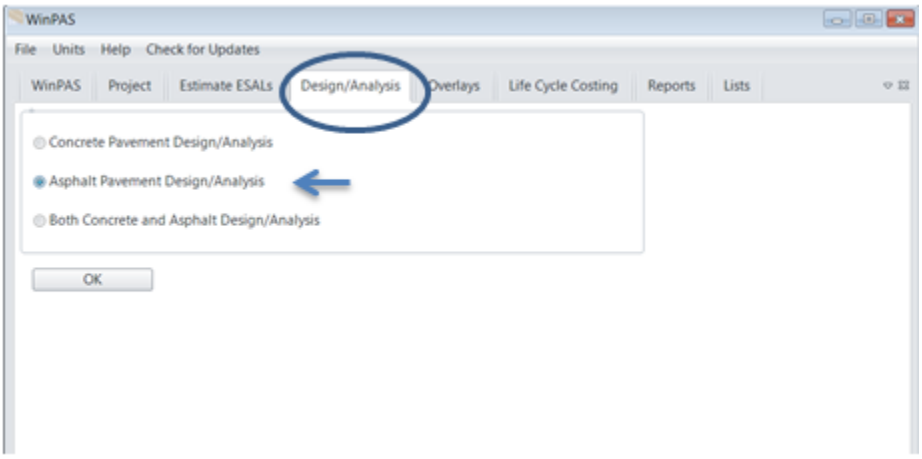


Figura III.5 Ventana de inicio de Winpas.

2. En la siguiente ventana del programa introducimos datos obtenidos anteriormente tales como:
    - ESAL`S de diseño= 88220.63
    - Confiabilidad=80%
    - Desviación estándar=0.45
    - MR de subrasante=7575 psi
    - Índice de servicialidad inicial=4.2
    - Índice de servicialidad final=2.2

    Luego damos clic en Solve for y el software nos calcula el valor de SN requerido, tal como se muestra en la fig. III.6 para este caso el valor es de: SN=2.13 donde podemos comparar con el calculado anteriormente haciendo uso del ábaco de diseño para pavimentos flexibles propuesto por la AASTHO, el cual resulto de SN=2.3 donde se observa que la diferencia es mínima debido a errores de trazos de línea y percepción en ubicación de puntos.

    Lo siguiente será proponer la estructura de pavimento dando doble clic en Calculate Asphalt Structural Number.

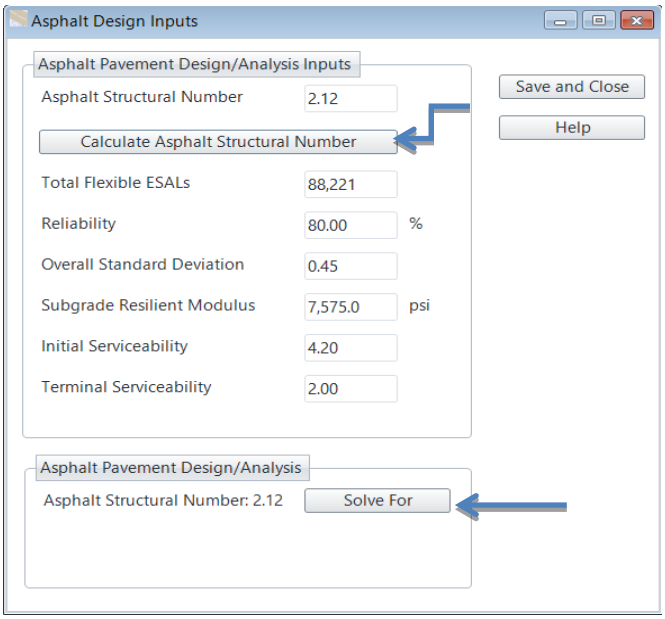


Figura III.6 Ventana de datos

3. Se puede observar que al proponer el adoquín de 4 pulg. Y la base de 4 pulg. los espesores cumplen ya que ∑SN=2.24 es mayor que el SN requerido, el cual es de 2.13.

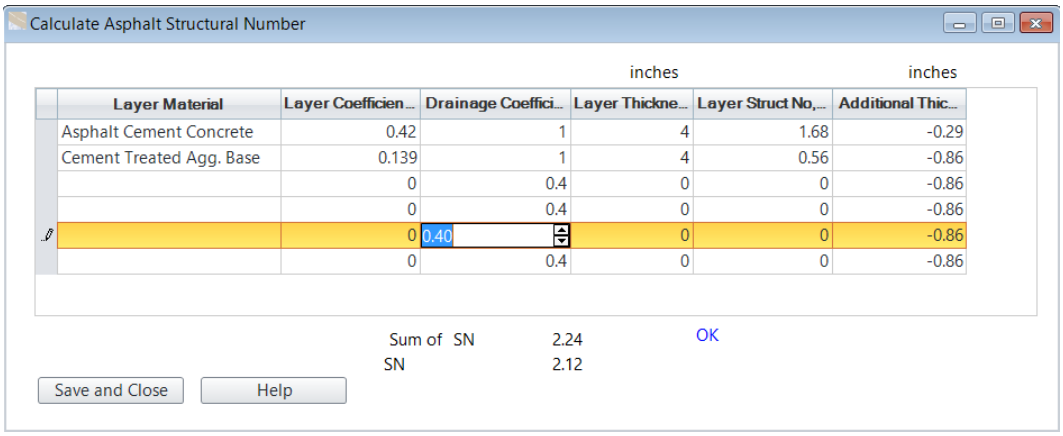


Figura III.7 Espesores de capas estructurales.

EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

CAPÍTULO 4.

Capítulo 4: Evaluación de impacto ambiental.

IV.1 Línea de base ambiental.

El proyecto comprende un área de 26,500 m2 aproximadamente, con un alto nivel paisajístico, con alrededor de 50 viviendas y una Escuela en la zona.

Los criterios que se consideraron para la definición de la influencia del proyecto son los componentes abióticos (ruidos, vibraciones, contaminación del aire, erosión y contaminación del suelo) bióticos (escorrentía, drenaje, cuerpo de agua superficial) medio perceptual (cubierta vegetal, paisaje) socio-económicos afectados directa o indirectamente por las etapas constructivas del proyecto vial.

Se presenta de manera precisa y detallada los principales factores ambientales potenciales más relevantes de impacto en el proceso de ejecución del proyecto vial a evaluar. Ver tabla IV.1

IV.2 Las actividades del proyecto vial que serán evaluadas son las siguientes:

- Movilización y desmovilización
- Excavación. Corte y movimiento de tierra
- Explotación de bancos de materiales
- Obras de drenaje menor
- Depósitos de materiales excedentes(botaderos)
- Estabilización de calzada
- Pavimento de adoquines
- Señalización horizontal y vertical
- Tramo en operaciones.

Para la realización de la evaluación de impacto Ambiental de las actividades constructivas del proyecto se aplicó el método Milán por medio de las siguientes matrices.

Tabla. IV.1 Matriz de Impactos causa-efectos positivos y negativos por etapas.

Matriz de Impacto											
Factores del Medio			Etapas								
			Movilizacion y desmovilizacion	Excavación, corte y movimiento de tierra	Explotacion de bancos de materiales	Obras de drenaje menor	Depósito de Materiales Excedentes	Estabilizacion de calzada	Pavimento de adoquines	Señalizacion Horizontal y vertical	Tramo en Oprecaciones
			ETAPA1	ETAPA2	ETAPA3	ETAPA4	ETAPA5	ETAPA6	ETAPA7	ETAPA8	ETAPA9
AIRE	Ruido	F1	x	X	X			X	X		X
	Vibraciones	F2	x	X				X	X		X
	Contaminación del aire	F3	x	X	X						X
Suelo	Erosión	F4			X	X					
	Contaminación del suelo	F5						X			
Agua	Escorrentía y Drenaje	F6		X	X	X			X		X
	Cuerpo de Agua Superficial	F7			X						
Salud											
	Salud de los Pobladores	F9	X	X		X		X	X		
	Bienestar Social	F10				X		X	X		X
Medio Perceptual	Cubierta Vegetal	F11	X	X	X		X				
	Paisaje	F12	X	X		X	X		X		X
Medio Socio-Económico	Vías de Acceso	F13				X		X	X		X
	Empleos Temporales	F14		x	x	X	X	X	X		
	Produccion industrial y agricola	F15							X		X

Tabla IV.2 Matriz de valoración de impactos positivos y negativos.

IMPACTOS	ETAPAS:												
	NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULACION	EFECTO	PERIODICIDAD	RECUOERABILIDAD	IMPORTANCIA	VALOR MAXIMO DE IMPORTACIA
	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	SUMA	
Etapa1F1	-1	1	2	2	2	1	2	1	4	1	1	-21	100
Etapa1F2	-1	1	2	2	2	2	2	1	4	1	1	-22	100
Etapa1F3	-1	2	4	2	2	2	2	1	4	2	2	-31	100
Etapa1F9	-1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	-14	100
Etapa1F11	-1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	4	-18	100
Etapa1F12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	100
Etapa2F1	-1	1	1	2	1	1	1	1	4	2	1	-18	100
Etapa2F2	-1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	-15	100
Etapa2F3	-1	2	2	2	2	2	1	1	4	2	2	-26	100
Etapa2F6	1	1	2	1	4	2	1	1	1	1	1	19	100
Etapa2F9	-1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	-15	100
Etapa2F11	-1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	-21	100
Etapa2F12	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	15	100
Etapa2F14	1	1	1	2	2	1	1	1	4	1	1	18	100
Etapa3F1	-1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	-15	100
Etapa3F3	-1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	-17	100
Etapa3F4	-1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	2	-21	100
Etapa3F6	-1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	-14	100
Etapa3F7	-1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	-19	100
Etapa3F11	-1	2	2	1	2	2	2	1	4	1	1	-24	100
Etapa3F14	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	19	100
Etapa4F6	1	4	2	1	4	4	2	1	4	1	2	35	100
Etapa4F9	1	4	2	4	4	4	2	1	4	1	1	37	100
Etapa4F10	1	2	2	2	4	1	1	1	4	1	1	25	100
Etapa4F12	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa4F13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	100
Etapa4F14	1	2	1	2	2	1	1	1	4	1	1	21	100
Etapa5F11	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa5F12	1	1	1	1	4	2	1	1	1	1	1	17	100
Etapa5F14	1	1	1	2	2	2	1	1	4	1	1	19	100
Etapa6F1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa6F2	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa6F5	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	-15	100
Etapa6F9	1	2	1	1	4	4	1	1	1	2	1	23	100
Etapa6F10	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	16	100
Etapa6F13	1	4	2	1	4	4	1	1	4	1	1	33	100
Etapa6F14	1	2	1	2	2	1	1	1	4	1	2	22	100
Etapa7F1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa7F2	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa7F6	1	1	2	1	4	4	2	1	4	1	1	25	100
Etapa7F9	1	1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	19	100
Etapa7F10	1	1	1	1	4	4	1	1	4	1	1	22	100
Etapa7F12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	100
Etapa7F13	1	4	4	1	4	1	1	1	4	1	1	34	100
Etapa7F14	1	1	1	1	2	2	1	1	4	1	1	18	100
Etapa7F15	1	2	1	1	2	4	1	1	4	1	1	23	100
Etapa9F1	-1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	-15	100
Etapa9F2	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa9F3	-1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-16	100
Etapa9F6	1	1	1	1	2	1	1	1	4	1	1	17	100
Etapa9F8	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	15	100
Etapa9F10	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	15	100
Etapa9F12	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	12	100
Etapa9F13	1	2	1	1	4	1	1	1	4	1	1	22	100
Etapa9F15	1	4	1	1	2	2	1	1	4	1	1	27	100

Tabla IV.4 Matriz superpuesta.

Matriz de Impacto														
Factores del Medio			Etapas											
			Movilizacion y desmovilizacion	Excavación, corte y movimiento de tierra	Explotacion de bancos de materiales	Obras de drenaje menor	Depósito de Materiales Excedentes	Estabilizacion de calzada	Pavimento de adoquines	Señalizacion Horizontal y vertical	Tramo en Oprecaciones	Valor de alteracion	Maximo valor de alteracion	*Grado de Alteracion*
			ETAPA1	ETAPA2	ETAPA3	ETAPA4	ETAPA5	ETAPA6	ETAPA7	ETAPA8	ETAPA9			
AIRE	Ruido	F1	-21	-18	-15	0	0	-13	-13	0	-15	-95	600	-15.83
	Vibraciones	F2	-22	-15	0	0	0	-13	-13	0	-13	-76	500	-15.2
	Contaminación del aire	F3	-31	-26	-17	0	0	0	0	0	-16	-90	400	-22.5
Suelo	Erosión	F4	0	0	-21	-14	0	0	0	0	0	-35	200	-17.5
	Contaminación del suelo	F5	0	0	0	0	0	-15	0	0	0	-15	100	-15
Agua	Escorrentía y Drenaje	F6	0	19	-14	35	0	0	25	0	17	82	500	16.4
	Cuerpo de Agua Superficial	F7	0	0	-19	0	0	0	0	0	0	-19	100	-19
	Salud de los Pobladores	F9	-14	-15	0	37	0	23	19	0	0	50	500	10
	Bienestar Social	F10	0	0	0	25	0	16	22	0	15	78	400	19.5
Medio Perceptual	Cubierta Vegetal	F11	-18	-21	-24	0	-13	0	0	0	0	-76	400	-19
	Paisaje	F12	13	15	0	-13	17	0	13	0	12	57	600	9.5
Medio Socio-Económico	Vías de Acceso	F13	0	0	0	13	0	33	34	0	22	102	400	25.5
	Empleos Temporales	F14	0	18	19	21	19	22	18	0	0	117	600	19.5
	Produccion industrial y agricola	F15	0	0	0	0	0	0	23	0	27	50	200	25
PROMEDIO			-15.5	-5.38	-13	14.86	7.67	7.57	14.22	0	6.13			
DESVIACION ESTANDAR			15.06	19.16	14.53	21.01	17.93	20.49	16.45	0	17.81	130		
VALOR DE LA ALTERACION			-93	-43	-91	104	23	53	128	0	49	130	5500	
MAXIMA ALTERACION			600	800	700	700	300	700	900	0	800		5500	2.36
GRADO DE ALTERACION			-15.5	-5.375	-13	14.8571	7.666667	7.57143	14.2222	0	6.125			2.36

IV.3 Interpretación de la matriz de importancia impactos positivos y negativos.

El estado de afectación de los factores ambientales determinados por el rango de discriminación que oscila de -13 y -40 con un valor medio de importancia de -28.

Para este caso de estudio se considera como moderados tendientes a críticos aquellos impactos más cercanos al límite superior del rango.

A través de esta matriz se lograron definir las actividades que generan, durante la etapa de funcionamiento, las mayores afectaciones a los componentes ambientales.

Los efectos negativos encontrados con un valor medio de importancia son en las etapas: movimientos de tierra y explotación de bancos de materiales, en donde se genera la mayor afectación por el ruido, contaminación del aire, erosión del suelo y hasta salud de los pobladores del sitio o aledaños al proyecto.

IV.3.1 En el caso de los impactos positivos

El estado de beneficio de los factores ambientales fue determinado por el rango de discriminación que oscila entre +29 y +26, con un valor medio de importancia de +28.

Los impactos positivos más relevantes se expresan los factores: producción industrial agrícola, empleos temporales y vías de acceso.

Tabla IV.5 Efectos por factores del medio.

Cuantificación de Efectos por Factores del Medio			
Factores del Medio	**Orden de Categorías**	**Valor de la Alteración**	**Áreas**
Ruido	1	-95	-85.5
Vibraciones	2	-76	-83
Contaminación del aire	3	-90	-62.5
Erosion	4	-35	-25
Contaminacion del suelo	5	-15	33.5
Escorrentia y drenaje	6	82	31.5
Cuerpo de agua superficial	7	-19	31
Salud de los pobladores	9	50	64
Bienestar social	10	78	1
Cubierta vegetal	11	-76	-9.5
Paisaje	12	57	79.5
Vias de acceso	13	102	109.5
Empleos	14	117	83.5
Produccion Industrial y Agricola	15	50	
Suma de Efectos Positivos			**424**
Suma de Efectos Negativos			**-256**
Suma de Efectos Totales			680
Porcentaje de efectos positivos			***62%***

Tabla IV.6 Cuantificación de efectos por Etapas.

CUANTIFICACIÒN DE EFECTOS POR ETAPA			
ETAPAS	**ORDEN DE CATEGORIA**	**VALOR DE ALTERACION**	**AREAS**
Movilizacion y desmovilizacion	1	-93	-68
Excavación, corte y movimiento de tierra	2	-43	-67
Explotacion de bancos de materiales	3	-91	6.5
Obras de drenaje menor	4	104	63.5
Depósito de Materiales Excedentes (Botaderos)	5	23	38
Estabilizacion de calzada	6	53	90.5
Pavimento de adoquines	7	128	64
Señalizacion Horizontal y vertical	8	0	24.5
Tramo en Oprecaciones	9	49	
Suma de Efectos Positivos			179
Suma de Efectos Negativos			-27
Suma de Efectos Totales			206.00
Porcentaje de efectos positivos			87%

IV.4 Posibles impactos generados en el proyecto.

El impacto que será generado por el proyecto será medido según alteración ambiental que puede crear las diferentes acciones realizadas en la obra, considerando por donde transitara el proyecto.

Tabla. IV.7

Nivel de impactos.

NIVEL	DESCRIPCION
1	Crítico
2	Moderado
3	Menor importancia
0	Efecto positivo

Tabla IV.8. Principales Impactos que genera el proyecto.

PROYECTO	FASES DE PROYECTO	ACCIONES DE IMPACTO	POSIBLES EFECTOS ESPERADOS	FACTOR DEL AMBIENTE AFECTADO	NIVEL DE IMPACTO
CONSTRUCCION DE ADOQUINADO	CONSTRUCCION	TRABAJO DE CONSTRUCCION	INCREMENTO DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS PRODUCTO DEL POLVO	TIPO DE AIRE	3
			PRODUCCION DE RUIDO OCASIONADO POR MAQUINARIAS O EQUIPOS DE CONSTRUCCION	RUIDO	3
			CALIDAD DE MATERIALES EN LOS BANCOS DE PRESTAMO	SUELO	3
			POSIBLES DAÑOS A LA VEGETACION POR EL MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS	CUBIERTA VEGETAL	2
			INSTRUCCIÓN VISUAL SOBRE EL PAISAJE EXISTENTE	PAISAJE	3
			RIEZGO DE ACCIDENTE	POBLACION	3
			POSIBLES DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA PUBLICA OPRIVADA	MEDIO CONSTRUIDO	3
	CONSTRUCCION	TRABAJO EN LOS BANCOS DE MATERIALES	DAÑO A LA VEGETACION	CUBIERTA VEGETAL	2
			CAMBIO PAISAJSITICO	PAISAJE	2
			PRODUCCION DE POLVO	TIPO DE AIRE	2
			PRODUCCION DE RUIDO OCASIONADO POR MAQUINARIAS O EQUIPOS DE CONSTRUCCION	RUIDO	2
			POSIBLE CONTAMINACION PRODUCIDOS POR DERRAMES DE GRASA O COMBUSTIBLE DE LAS MAQUINARIAS	SUELO	3
			RIESGOS DE DERRUMBES	GEOMORFOLOGIA	2
			POSIBLES ACCIDENTES	POBLACION	3
			ALTERACION DE LA GEOMORFOLOGIA DE LOS BANCOS DE PRESTAMO	GEOMORFOLOGIA	2
	CONSTRUCCION	TRABAJO EN LOS BANCOS DE PRESTAMO	RUIDO	RUIDO	3
			PRODUCCION DE POLVO	TIPO DE AIRE	2
			CAMBIO PAISAJSITICO	PAISAJE	2
	FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO	USO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RODAMIENTO, CAMINO O CARRETERA	INCREMENTO DE LOS FACTORES DE EMISION DE CONTAMINANTES PRODUCIDOS POR EL FLUJO VEHICULAR	TIPO DE AIRE	3
			DISMINUCION DE CANTIDAD DE POLVO	TIPO DE AIRE	3
			INCREMENTOS DE NIVELES DE RUIDOS PRODUCIDOS POR EL FLUJO VEHICULAR	RUIDO	3
			MEJORAMIENTO EN LA ECONOMIA LOCAL	ECONOMIA	0
			AUMENTO EN LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACION	CALIDAD DE VIDA	0
			AUMENTO DE RIEZGO DE ACCIDENTES DE TRANSITO	POBLACION	3

Impactos negativos que se generan en el proyecto de mayor consideración que se deben de tomar al momento de mitigar:

Tabla. IV.9

Medidas de mitigación de impactos.

PROYECTO	FASES DE PROYECTO	ACCIONES DE IMPACTO	POSIBLES EFECTOS ESPERADOS	MEDIDAS DE MITIGACION
CONSTRUCCION DE ADOQUINADO	CONSTRUCCION	TRABAJO DE CONSTRUCCION	INCREMENTO DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS PRODUCTO DEL POLVO	CONFORME A LA NIC.2000, HUMEDECER LA TIERRA ADECUADANTE, PARA EVITAR EN EXESO DE POLVO
			PRODUCCION DE RUIDO OCASIONADO POR MAQUINARIAS O EQUIPOS DE CONSTRUCCION	MEJOR CONTROL Y REGULACION DE HORARIOS PARA EVITAR MOVIMIENTOS INNECESARIOS DE MAQUINARIAS
			CALIDAD DE MATERIALES EN LOS BANCOS DE PRESTAMO	SELECCIÓN DE CALIDAD DE MATERIAL DEACUERDO CON LA CLASIFICION SEGÚN ESTUDIOS DE LABORATORIOS
			POSIBLES DAÑOS A LA VEGETACION POR EL MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS	EVITAR CORTES INNECESARIOS Y RESTRINGIR LA DESTRUCCION DE PLANTAR CON EL MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS
			RIEZGO DE ACCIDENTE	PROTECCION A LOS TRABAJADORES Y USUARIOS DE LA VIA CON SEÑALIZACION Y BUEN CONTROL DEL TRAFICO
			POSIBLES DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA PUBLICA OPRIVADA	EVITAR CONTACTOS CON PROPIEDADES PUBLICAS O PRIVADAS EN CUALQUIER MOVIMIENTO Y REPARAR DAÑOS EN CASO QUE SE PRESENTEN
	CONSTRUCCION	TRABAJO EN LOS BANCOS DE MATERIALES	DAÑO A LA VEGETACION	EVITAR CORTES INNECESARIOS
			PRODUCCION DE POLVO	SELECCIÓN DE BANCOS MATERIALES QUE AFECTE MENOS A LA POBLACION ALEDAÑA AL PROYECTO
			PRODUCCION DE RUIDO OCASIONADO POR MAQUINARIAS O EQUIPOS DE CONSTRUCCION	SELECCIÓN DE BANCOS MATERIALES QUE AFECTE MENOS A LA POBLACION ALEDAÑA AL PROYECTO
			POSIBLE CONTAMINACION PRODUCIDOS POR DERRAMES DE GRASA O COMBUSTIBLE DE LAS MAQUINARIAS	SELECCIÓN DE SITIO PARA MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y RECOLECTAR DESECHOS DE GRASA Y COMBUSTIBLE , EL CUAL DEBERA ESTAR CUBIERTO DE MATERIAL IMPERMIABLE PARA EVITAR EL CONTACTO CON EL SUELO PARA NO CONTAMINARLO
			RIESGOS DE DERRUMBES	CONSTRUCCION DE TALUDES O DISIPADORES DE ENERGIA PARA EVITAR POSIBLES ARRASTRES DE LOS MATERIALES
			ALTERACION DE LA GEOMORFOLOGIA DE LOS BANCOS DE PRESTAMO	REALIZAR ACCIONES ESTRATEGICAS DE BANCO.
	CONSTRUCCION	TRABAJO EN LOS BANCOS DE PRESTAMO	RUIDO	EVITAR MOVIMIENTOS INNECESARIOS DE MAQUINARIAS
			PRODUCCION DE POLVO	
			CAMBIO PAISAJSITICO	
	FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO	USO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RODAMIENTO, CAMINO O CARRETERA	INCREMENTO DE LOS FACTORES DE EMISION DE CONTAMINANTES PRODUCIDOS POR EL FLUJO VEHICULAR	
			INCREMENTOS DE NIVELES DE RUIDOS PRODUCIDOS POR EL FLUJO VEHICULAR	
			AUMENTO DE RIEZGO DE ACCIDENTES DE TRANSITO	SEÑALIZACION

5. Conclusiones

De acuerdo con los objetivos planteados se ha concluido lo siguiente:

- **En el Estudio de Tráfico:**

El aforo realizado durante la semana del 24 Feb. 2014 al 28 Feb. 2014 generó un TPDA de 286 vehículos/día.

El TPDA mostró una composición vehicular muy representativa de vehículos livianos con un **83.22%** y con menos afluencia los vehículos pesados con el **16.78%.**

Datos históricos del TPDA de la ECS 3211, del PIB y del crecimiento de la población de Esteli permitieron realizar proyecciones para expandir el volumen de flujo vehicular generando una tasa de crecimiento del 3.95% para todos los vehículos.

A partir de las proyecciones realizadas se obtuvo un E`SALS de diseño de 88220.63 el cual fue utilizado para calcular los espesores de capa de la estructura de pavimento.

- **En el Estudio Geotécnico.**

El CBR de diseño de subrasante se determinó a partir del resultado de laboratorio de 14 sondeos manuales realizados en todo el tramo en estudio obteniendo un CBR de diseño del 5.05%.

Se realizaron pruebas a dos bancos de materiales ubicados en las estaciones 2+300 y 5+000 obteniendo características similares por lo que se decidió utilizar para nuestro diseño el banco de la estación 2+300 por ser el más cercano, sin embargo en base a las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes, NIC-2000, este material no puede ser utilizado como base granular en una estructura de pavimento Flexible, por lo que se deberá de mejorar con cemento, de tal forma que la mezcla adquiera una resistencia a la compresión de 270 psi después de 7 días de curado.

- **En el diseño de pavimento de adoquín:**

En el diseño de la estructura de pavimento de adoquín se utilizó el método AASTHO 93, se propuso un adoquín de 4" resultando el espesor de base mejorada con cemento de 4" y según diseño no es necesario utilizar capa de sub-base.

Los coeficientes de capa obtenidos fueron los valores siguientes: Un **a_1=0.44** el cual fue obtenido de la investigación desarrollada por la "Cement & Concret Association del Reino Unido por Allan Liley y John Knapton" ya que en la guía AASHTO 93 (Prólogo del IBCH) no existe un nomograma para calcular a1 cuando es pavimento de adoquín y un **a_2=0.139** el que se obtuvo haciendo uso del nomograma para bases estabilizadas con cemento.

- **En la evaluación de impacto ambiental.**

Se tomó un área de 26500 m^2 evaluando las actividades que generan mayores afectaciones a los componentes ambientales, donde se identificaron efectos con impactos negativos más relevantes en las etapas: movimiento de tierra y explotación de bancos y efectos con impactos positivos más relevantes se identificó producción industrial agrícola, empleos temporales y vías de acceso.

6. Recomendaciones

Durante el progreso de este trabajo se encontraron diversos factores que pueden variar significativamente el diseño de la estructura de pavimento de adoquín tanto en cálculo de espesores de capa como en funcionamiento por lo que se recomienda lo siguiente:

- Realizar aforos de trafico lo más exacto posible en periodos de tiempo no muy lejanos con el propósito de obtener un mejor análisis del comportamiento del tránsito.
- El adoquín a usarse, incluyendo las "cuchillas", será el denominado TIPO 1, cuya Resistencia a la compresión no deberá ser menor que 247kg/cm2

que equivalen a 3513 psi según la norma técnica Nicaragüense NTON 12 009-10 para adoquines de concreto.

- La arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser arena lavada, dura, angular y uniforme y no deberá contener más del 3% (en peso) de limo, arcilla o de ambos. El espesor de esta capa no deberá ser menor de 3 cm ni mayor de 5 centímetros.
- Durante la construcción de la obra se recomienda que sean respetados los espesores obtenidos según diseño, la calidad de los materiales utilizados deberán cumplir con los parámetros utilizados al momento de diseñar garantizando así que la estructura cumpla su función de manera satisfactoria.
- Se deberá dar importancia y cumplimiento a las medidas de mitigación de impactos resumidas en la evaluación de impacto ambiental de este documento.

7. Bibliografía

- Blanco, I. M. (2011). Geotécnia e Hidrotécnia Vial. Mecánica de suelos para Obras viales.
- es.Scribd.com. (Mayo del 2011). Construccion de Pavimento de Adoquines de Hormigon.
- FOMAV. (2013). http://www.fomav.gob.ni/://es.wikipedia.org/wiki/Carretera.
- Fonzeca, A. M. (2001). Ingenieria de pavimentos para carreteras. En A. M. Fonzeca, *Ingenieria de pavimentos para carreteras* (pág. 2). Bogota, D.C: Stella Valbuena de Fierro.
- http://www.construmatica.com. (s.f.). Ensayo de Suelos.
- INIFOM-FNUAP, 2. (s.f.).
- Iturbide, J. C. (Noviempre del 2002). Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos. USAID/SIECA No. 0596-1884,20.
- Milán, José. Estudio del Medio Ambiente. Programa de Estudios Ambientales Urbanos Territoriales. Versión II. 2003.
- MTI. (2002). NIC 2000-Especificaciones generales para la construccion de caminos, calles y puentes.
- Nicaragua, Banco Central de. «Nicaragua en Cifras.» 2010: 1.
- Packard, R. G. (1995). *Design of Concret Airport Paviment.* Illinois: Portland Cement Asociation (PCA).
- UNI. (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de ww.sisman.utm.edu.ec/libros/FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS/INGENIERÍA INDUSTRIAL/10/ingenieria de transito y transporte/
- wikipedia. (s.f.). wikipedia.org. Obtenido de wikipedia.org: http://es.wikipedia.org/wiki/Adoqu%C3%ADn

8. Anexos



Fig. 1 Macrolocalización

Microlocalización

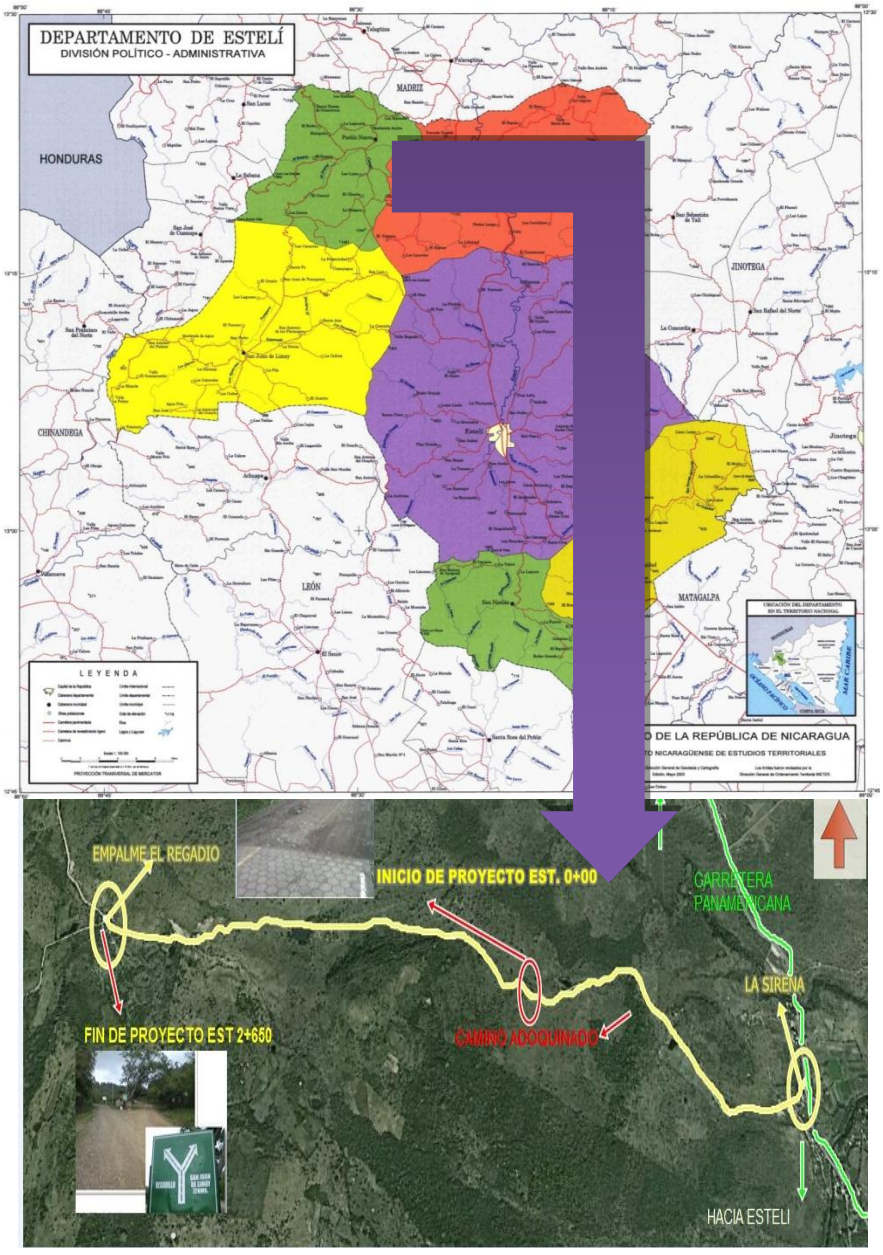


Fig. 2 Microlocalización

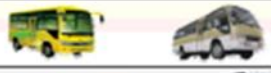
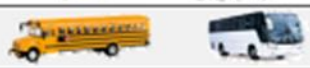
CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimotos, Cuadraciclos,Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, 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 los que transporten pasajeros y aquellos que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. Tambien se incluyen las lugoneitas 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 Compactadora
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor. tambien se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fig.3 Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico

FACTORES DE LA ESTACION DE MAYOR COBERTURA 1802

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	MicBus	MinBus	Bus	C2L	C2	C3	T-S<=4	T-S=>5	C-R=<4	C-R=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.26	1.48	1.31	1.28	1.33	1.15	1.19	1.25	1.30	1.18	1.00	1.58	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25
Factor Semana	0.96	1.06	1.07	1.06	0.93	0.98	1.01	0.94	0.87	0.93	1.00	1.08	1.00	1.00	1.00	1.00	1.21
Factor Fin de Semana	1.11	0.88	0.87	0.87	1.22	1.06	0.98	1.20	1.57	1.25	1.00	0.84	1.00	1.00	1.00	1.00	0.69
Factor Expansión a TPDA	1.18	0.98	1.09	1.04	1.04	0.82	0.97	0.97	0.98	0.76	1.00	0.99	1.00	1.00	4.00	1.00	1.60

Fig. 4 Factores de expansión.

Carga por eje		SN	pulg	(mm)			
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	222.5	113	108	97	86	81	82

Tabla 1: Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Eje Simple, Pt = 2.0

Carga por eje		SN	pulg	(mm)			
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	267.0	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	275.9	16.6	16.0	14,7	13.7	13.8	14.5
64	284.7	19.3	18.6	17,0	15.8	15.8	16.6
66	293.6	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	302.5	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	311.4	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	320.3	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	329.2	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	338.1	42.8	41,2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	347.0	48.4	46.5	42.0.	38.0	37.0	38.6
80	355.9	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	364.8	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	373.7	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	382.6	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	391.5	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	400.4	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Tabla 2: Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Eje Simple, Pt = 2.0

Carga por eje		SN	pulg	(mm)			
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001
6	26.7	.0004	.0004	.0003	.0003	.0003	.0003
8	35.6	.0009	.0010	.0009	.0008	.0007	.0007
10	44.5	.002	.002	.002	.002	.002	.001
12	53.4	.004	.004	.004	.003	.003	.003
14	62.3	.006	.007	.007	.006	.006	.005
16	71.2	.010	.012	.012	.010	.009	.009
18	80.0	.016	.019	.019	.017	.015	.015
20	89.0	.024	.029	.029	.026	.024	.023
22	97.9	.034	.042	.042	.038	.035	.034
24	106.8	.049	.058	.060	.055	.051	.048
26	115.7	.068	.080	.083	.077	.071	.068
28	124.6	.093	.107	.113	.105	.098	.094
30	133.5	.125	.140	.149	.140	.131	.126
32	142.4	.164	.182	.194	.184	.173	.167
34	151.3	.213	.233	.248	.238	.225	.217
36	160.0	.273	.294	.313	.303	.288	.279
38	169.1	.346	.368	.390	.381	.364	.353
40	178.0	.434	.456	.481	.473	.454	.443
42	186.9	.538	.560	.587	.580	.561	.548
44	195.8	.662	.682	.710	.705	.686	.673
46	204.7	.807	.825	.852	.849	.831	.818
48	213.6	.976	.992	1.015	1.014	.999	.987
so	222.5	1.17	1.18	1.20	1.20	1.19	1.18
52	231.4	1.40	1.40	1.42	1.42	1.41	1.40
54	240.3	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	249.2	1.95	1.95	1.93	1.93	1.94	1.94
58	258.1	2.29	2.27	2.24	2.23	2.25	2.27
60	267.0	2.67	2.64	2.59	2.57	2.60	2.63
62	275.9	3.10	3.06	2.98	2.95	2.99	3.04
64	284.7	3.59	3.53	3.41	3.37	3.42	3.49
66	293.6	4.13	4.05	3.89	3.83	3.9	3.99
68	302.5	4.73	4.63	4.43	4.34	4.42	4.54
70	311.4	5.40	5.28	5.03	4.90	5.00	5.15
72	320.3	6.15	6.00	5.68	5.52	5.63	5.82
74	329.2	6.97	6.79	6.41	6.20	6.33	6.56
76	338.1	7.88	7.67	7.21	6.94	7.08	7.36
78	347.0	8.88	8.63	8.09	7.75	7.90	8.23
80	355.9	9.98	9.69	9.05	8.63	8.79	9.18
82	364.8	11.2	10.8	10.1	9.60	9.80	10.2
84	373.7	12.5	12.1	11.2	10.6	10.8	11.3
86	382.6	13.9	13.5	12.5	11.8	11.9	12.5
88	391.5	15.5	15.5	13.8	13.0	13.2	13.8
90	400.4	17.2	16.6	15.3	14.3	14.5	15.2

Tabla 3. Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Eje Triples, Pt = 2.0

CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasan la malla Nº 200)							MATERIALES LIMO-ARCILLA. (Más del 35% pasan la malla Nº 200)			
Clasificación por Grupos o Sub-grupos	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Análisis de mallas.(%) que pasa por la:											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	50 máx.	50 máx.	51 máx.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 máx.	36 máx.	36 máx.	36 máx.
Características de la fracción que pasa la malla Nº 40.	6 máx.		N.P								
Límite Líquido (%)				40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plásticidad (%)				10 máx.	10 máx.	11 mím.	11 mím.	10 máx.	10 máx.	11 mím.	11 mím.
Índice de Grupo.	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos usuales de materiales constituyentes significativos	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena Fina	Grava y Arena limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Clasificación general como sub-rasante	Exelente a Bueno					Regular a Pobre					

PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACION: Con los datos requeridos y disponibles de prueba, procédase de izquierda a derecha en la carta y, por proceso de eliminación, se encontrará el grupo correcto. El primer grupo de la izquierda, en el cual coinciden los datos de las pruebas, será la clasificación correcta.
El I.P del sub-grupo A-7-5 es igual o menor que el LL menos 30.
El I.P del sub-grupo A-7-6 es mayor que el LL menos 30.

IG = (F-35) [0.2 + 0.005 (LL-40)] + 0.01 (F-15)(IP-10)

Tabla 4. Clasificación de suelos A.S.T.M D-3282 /A.A.S.H.T.O M-145



Vehículo de Carga Transitando por la vía en cuestión



Estado actual del camino en una de las pendientes





Empalme El Regadío - Fin del Proyecto