



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

**Monografía**

**DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON ADOQUIN DE LA CALLE  
TERCIARIA DE LA CIUDAD DE JINOTEGA.**

**Para optar al título de ingeniero civil.**

**Elaborado por:**

**Br. Gioconda Geuzept Téllez Almendarez..**

**Br. Juan Francisco López Núñez.**

**Br. Christopher José Jarquín Zeas.**

**Tutor:**

**Ing. Claudia Verónica Reyes Romero.**

**Managua, Diciembre 2017.**

## DEDICATORIA

*Dedicamos esta monografía principalmente a Dios, por estar con nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestros corazones y haber iluminado nuestras mentes para poder lograr nuestros objetivos durante todo el periodo de estudio.*

*A nuestros padres, que han sido un ejemplo de superación, perseverancia y sobre todo por el apoyo incondicional para poder culminar este camino de formación profesional que se ha convertido en una meta cumplida.*

*A nuestros hermanos que siempre han tenido un consejo, un aliento, una mano para que nunca dejemos de cumplir nuestras metas.*

*A nuestra tutora, Ing. Claudia Reyes, que nos brindó su ayuda incondicional en la elaboración de este documento monográfico con dedicación, sabiduría y paciencia.*

---

## AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos regalado el don de la sabiduría e inteligencia en este camino de formación profesional.

A nuestros padres porque siempre se esforzaron para que fuéramos personas realizadas profesionalmente, por brindarnos todo su apoyo y así cumplir con esta meta que es la mejor herencia que nos han concedido.

A nuestra tutora **Ing. Claudia Reyes** que ha sido una guía en la realización de esta investigación monográfica, gracias por su apoyo y consejos recibidos.

**Al Ing. Harold Zeledón** por sus observaciones y por tener siempre esa disponibilidad de apoyarnos para poder concluir este documento.

A nuestros hermanos, familiares y amigos que en este camino nos dieron su apoyo, consejos y ánimos para lograr este objetivo.

Muchas gracias a todos!!

---

## Resumen

La red vial es el soporte de la movilización de personas. La ciudad de JINOTEGA, cuenta con transporte colectivo, de unidades de buses, camionetas, camiones de carga, taxis, entre otros. Las rutas del transporte viajan hacia diferentes comunidades del municipio y hacia diferentes ciudades del resto del país.

El municipio cuenta con las suficientes vías de comunicación que conectan con el resto de los municipios y departamentos del País además existen cooperativas de transporte colectivo urbano y rural los cuales prestan el servicio para facilitar la transportación de los demandantes.

Sin embargo es de suma importancia dar mantenimiento a la red vial, especialmente a las calles de mayor circulación vehicular.

**Capítulo I Estudio de Suelos:** En este capítulo se contemple la clasificación de los distintos tipos de suelos, de la línea y de los bancos para la importancia que tiene para el diseño de la estructura de pavimento y las normativas que hay que seguir y considerar para una buena base.

**Capítulo II Estudio de Tránsito:** Se elabora un aforo para analizar el comportamiento del flujo vehicular del tramo en estudio y en base a esto determinar las cargas a los que estarán sometida la estructura de pavimento.

**Capítulo III Estudio de Pavimento:** Se realiza un diseño estructural en base a los resultados obtenidos en los dos capítulos anteriores, según método de la AASHTO 93.

**Capítulo IV Alcantarillado Sanitario:** Se realiza un análisis de costo-eficiencia para llevar a cabo una rehabilitación de tuberías en la red de alcantarillado

---

sanitario en el tramo en estudio, con tubería PVC y Riblock, determinando así el costo total para dicha rehabilitación.

Con el desarrollo de este tema se estaría garantizando un mejor servicio de la red de alcantarillado así como un diseño estructural adecuado que implicaría una mejora en el flujo vehicular y garantizar la durabilidad del tramo en estudio según el diseño.

---

## Índice

1. Introducción	Pág. 1
2. Antecedentes	Pág. 3
3. Objetivos	
3.1 Objetivo general	Pág. 5
3.2 Objetivos específicos	Pág. 5
4. Justificación	Pág. 6

### Capítulo I: Estudio de suelo

1. Aspectos generales	Pág. 7
1.1 Definición	
1.2 Origen de los suelos	
2. Clasificación de los suelos según su funcionalidad	Pág. 8
3. Clasificación de los suelos (AASTHO)	Pág. 9
3.1 Descripción de la clasificación	
3.2 Descripción de los grupos	
4. Investigación y evaluación de los suelos para el diseño de pavimento con adoquín	Pág.12
5. Pruebas más aplicadas para pavimento con adoquín	Pág.13
5.1 Determinación del contenido de humedad	
5.2 Análisis granulométrico	
5.3 Determinación del límite plástico de los suelos	
5.4 Determinación del límite líquido de los Suelos	
5.5 Peso específico	
5.6 Ensayo de compactación	
5.7 Determinación de la resistencia de los suelos	

---

5.8 Ensayos adicionales

5.9 Medida y selección del valor de resistencia de un suelo típico de sub-rasante

6. Análisis de resultados del estudio de suelos

Pág. 16

## **Capítulo II. Estudio de tránsito**

1 Aspectos Generales

Pág. 19

1.1 Definición

1.2 Consideraciones para el estudio de tránsito

1.3 Clasificación de vehículos según su Capacidad de carga

2 Volumen de tránsito

Pág. 22

2.1 Cálculos estadísticos de volumen de tránsito por Período de tiempo

2.2 Tasa de crecimiento vehicular anual (i)

Pág. 24

2.2.1 Producto Interno Bruto (PIB)

2.2.2 Tasa de crecimiento poblacional

2.2.3 Historial de Tránsito Vehicular

2.2.4 Tránsito Proyectado

3 Clasificación de las carreteras del país

Pág. 29

3.1 Características según su clasificación

3.1.1 Troncal Principal

3.1.2 Troncal Secundaria

3.1.3 Colectora Principal

3.1.4 Colectora Secundaria

4 Análisis de resultados del estudio de tránsito

Pág. 32

## **Capítulo III. Diseño de pavimento**

1 Aspectos generales

Pág. 37

1.1 Definición

---

1.2 Inicios de las primeras utilizaciones del pavimento de adoquín	
1.3 Origen	
2 Terminología	Pág. 42
3 Ventajas que ofrecen el pavimento con adoquín	Pág. 43
4 Clasificación de los pavimentos	Pág. 46
4.1 Pavimento rígido	
4.2 Pavimento flexible	
5 Utilización del uso de pavimento con adoquín	Pág. 49
6 Análisis de resultado del estudio de tránsito	Pág. 50

## **Capítulo IV: Alcantarillado Sanitario**

1 Aspectos generales	Pág. 65
1.1 Definición	
1.2 Aguas residuales	
1.3 Conexión de alcantarillado	
2 Clasificación de las redes de alcantarillado sanitario	Pág.67
2.1 Componentes del sistema las redes de alcantarillado	
3 Clases de tubería	Pág. 71
3.1 Tuberías de asbesto cemento	
3.2 Tuberías de concreto	
3.3 Tuberías de acero y hierro dulce	
3.4 Tuberías de hierro fundido	
3.5 Tuberías sin costura de latón y cobre	
3.6 Tuberías de cobre	
3.7 Tuberías plásticas	
• Tuberías de cloruro de polivinilo o PVC	
• Tuberías PVC Rib-Loc	
4 Cuadro comparativo costo-eficiencia de tipos de tuberías	Pág. 73
4.1 Descripción de los rangos evaluados	

---



5 Caudal de aguas residuales	Pág. 74
5.1 Elementos considerados en el diseño sanitario a rehabilitar	
6 Análisis de resultado de alcantarillado sanitario	Pág. 78
6.1 Ventajas y desventajas de tuberías a utilizar en rehabilitación	
7 Presupuesto para rehabilitación de tuberías	Pág. 83
<b>Conclusiones</b>	<b>Pág. 86</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>Pág. 88</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>Pág. 89</b>

---

## Índice de tablas

Tabla-1: Valores de carga unitaria de patrón	Pág. 15
Tabla-2: Tipos de ensayos efectuados y la designación A.A.S.H.T.O	Pág. 17
Tabla-3: Resultados de sondeo manuales por tramo de estudio	Pág. 18
Tabla-4: Resultados de fuentes de materiales de la ciudad de Jinotega	Pág. 18
Tabla-5: Indicadores de la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto en Nicaragua	Pág. 26
Tabla-6: Estimaciones y proyecciones de la población de Jinotega	Pág. 26
Tabla-7: Historial de Tránsito. Estación de control No. 4301	Pág. 27
Tabla-8: Tránsito diurno del día martes	Pág. 33
Tabla-9: Tránsito nocturno del día martes	Pág. 33
Tabla-10: Conteo de tránsito diurno	Pág. 34
Tabla-11: Conteo del tránsito semanal de 24 horas (Valores del Tránsito diurno afectados por el factor día)	Pág. 35
Tabla-12: Factores de ajuste de la estación permanente No. 317	Pág. 35
Tabla-13: Tránsito promedio diario anual (TPDA) de la Calle Terciaria	Pág. 36
Tabla-14: Longitud de carreteras en Centroamérica en 1,970	Pág. 41
Tabla-15: C.B.R de diseño	Pág. 51
Tabla – 16: Valores de “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales.	Pág. 51

---

---

Tabla - 17: Desviación estándar (So)	Pág. 52
Tabla -18: Coeficiente drenaje para pavimentos flexibles	Pág. 54
Tabla - 19: Períodos de diseño	Pág. 55
Tabla-20: Factor de distribución por dirección	Pág. 57
Tabla-21: Factor de distribución por carril	Pág. 57
Tabla- 22: Tránsito de diseño	Pág. 58
Tabla- 23: Cálculo de Esal's de diseño	Pág. 59
Tabla 24: Cuadro comparativo de costo-eficiencia de tipo de tuberías	Pág. 73
Tabla- 25: Periodo de diseño según tipo de estructura	Pág. 75
Tabla- 26: Censo poblacional ciudad de Jinotega, promedio de personas por vivienda	Pág. 76
Tabla- 27: Presupuesto para rehabilitación de tuberías	Pág. 83
Tabla- 28: Presupuesto costos directos	Pág. 84
Tabla- 29: Presupuesto costos indirectos	Pág. 85
Tabla- 30: Factor de venta para costos unitarios directos	Pág. 85

---

## Índice de anexos

### **Anexos generales**

Anexo A: Macro localización del proyecto Pág. II

Anexo B: Micro localización Pág. III

### **Anexos I: Estudios de suelo**

Anexo I-1: Clasificación de los suelos según ASSTHO Pág. V

Anexo I-2: Sistema unificado de los suelos (S.U.C.S)  
ASTM D 2487 Pág. VI

Anexo I-3: Resultados de sondeos realizados por barrio Pág. VII

Anexo I-4: Análisis de bancos de materiales en el casco  
urbano de Jinotega Pág. XI

Anexo I-5: Clasificación aproximada entre la clasificación  
de los suelos y los diferentes tipos de ensayos Pág. XII

Anexo I-6: Columna Estratigráfica de los suelos Pág. XIII

### **Anexos II: Diseño de tránsito**

Anexo II-1: Tipología y descripción vehicular de conteos de  
tráfico de la oficina de diagnóstico y evaluación  
de pavimentos Pág. XV

Anexo II-2: Distribución de tráfico del casco urbano de la ciudad  
de Jinotega Pág. XVI

Anexo II-3: Clasificación funcional de las carreteras regionales,  
volúmenes de tránsito, número de carriles y tipo de  
superficie de rodadura Pág. XXIII

---

Anexo II-4: Limite de carga por eje de vehículo liviano	Pág. XXIII
<b>AnexosIII: Diseño de Pavimento</b>	
Anexo II-1: Parámetros o correlaciones para el cálculo del módulo de resiliencia.	Pág. XXV
Anexo III-2: Coeficiente estructural de la capa sub base $a_3$	Pág. XXV
Anexo III-3: Calculo del $M_r$ y $a_2$ de la base	Pág. XXVI
Anexo III-4:Tabla de factores Equivalentes de carga para pavimento	Pág. XXVII
Anexo III-5;Limite de peso por eje	Pág. XXIX
Anexo III-6: Nomograma para el cálculo del número estructural de diseño I y II	Pág. XXX
Anexo III-7: Espesores mínimos sugeridos	Pág. XXXI
Anexo III-8: Espesores mínimos de capa asfáltica sobre base	Pág. XXXI
Anexo III-9: Valores de la desviación normal estándar ( $Z_r$ ) correspondiente al nivel seleccionado de confiabilidad (R)	Pág. XXXII
Anexo III – 10: Corrida del programa para la verificación de los números estructurales.	Pág. XXXIII

---

## I. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Jinotega se encuentra situada al norte del país de Nicaragua, tiene como límites territoriales al norte con el municipio de Santa María de Pantasma, al sur con el municipio de Matagalpa y Sébaco, al este con el municipio de Cuá-Bocay y Tuma La Dalia y al oeste con el municipio de la Trinidad y San Rafael del Norte (Ver anexo A), consta con una extensión territorial de 1,119 km<sup>2</sup>, se encuentra a 1003.87 msnm, se ubica en la coordenadas geográficas de 13°06 N y 86°00 O y tiene una cantidad de población es de 77,222 habitantes.

La infraestructura vial incide mucho en la economía de nuestro país por el gran valor que tiene ésta, pues al alto costo de construcción, al mantenimiento y la rehabilitación, hay que adicionarle también los costos que se derivan por el mal estado de las vías. Es por eso que en nuestro país se llevan a cabo proyectos de rehabilitación y mejoramiento en las principales vías y carreteras, debido a que actualmente las vías de transporte son de suma importancia para el país, ya que se han convertido en uno de los principales medios para impulsar su desarrollo tanto económico como turístico.

Existen proyectos que el gobierno impulsa para la realización de diferentes tramos de carreteras o calles en la ciudad de Jinotega, pero ha pasado desapercibido la mejora de una de las vías más importantes de la ciudad que tiene acceso a la entrada del departamento de Jinotega y se conecta con la nueva carretera Guayacán.

Para proveer el desarrollo del departamento de Jinotega, se ha tomado la decisión de mejorar “La Calle Terciaria” del departamento que se compone por el tramo Puente Centroamérica - La Gallera, que consta de 1.5 kilómetros (Ver anexo B) donde 1 km. está adoquinada la cual se encuentra en completo deterioro y 0.5 km. se encuentra con carpeta de rodamiento macadán ocasionando en épocas de lluvias la mala circulación en la misma vía.

Este proyecto tiene como finalidad la rehabilitación de la estructura vial existente a través del proyecto “Diseño de Pavimento Flexible con Adoquín de la Calle Terciaria de la Ciudad de Jinotega”, para garantizar las óptimas condiciones de circulación, además de contribuir con el desarrollo urbano de la ciudad de Jinotega.

## II. ANTECEDENTES

Con la introducción al país de los primeros vehículos al inicio de los años treinta, e impulsados por el crecimiento de las vías de comunicación y la expansión de la red vial a través de los años, surge la necesidad de construir carreteras con materiales y técnicas adecuadas para cubrir las necesidades de cada uno. En Jinotega se tiene un gran potencial de recursos para el desarrollo económico de Nicaragua en diversas áreas. Se ha comprobado que el café jinotegano, alcanza altos niveles de calidad a nivel mundial.

A nivel departamental, la mayor producción corresponde a Jinotega, le siguen Matagalpa, Nueva Segovia y Madriz. En estos cuatro departamentos se producen los equivalentes al 81% de la producción nacional. El cultivo de granos básicos, verduras y diferentes especies frutales contribuyen en su economía.

Por medio del lago Apanás se produce energía eléctrica suministrada a gran parte de la nación; otras de sus fuentes económicas es la crianza de ganado y cerdos, la explotación de madera para construcción y la explotación minera.

Hasta hace pocos años Jinotega ha empezado a impulsar la industria eco turística. Sin embargo, gracias a su favorable clima y a los diversos atractivos naturales que ofrece, es de esperar que Jinotega experimente en un futuro próximo un considerable impulso gracias a este rubro.

Debido al gran aporte de este departamento a la economía de la nación debe contar con las condiciones óptimas en la comunicación vial con el resto del país y a nivel internacional. De ahí surge la necesidad de construir accesos, además de rehabilitar las vías ya existentes para favorecer de gran manera al desarrollo económico en el departamento y el país. Conscientes de la capacidad de aporte del departamento a la economía del país y con vistas a mejorar el crecimiento de la misma; se han venido mejorando las vías de acceso a la ciudad de Jinotega en los tramos Jinotega - Matagalpa y la más reciente es la de Jinotega-Guayacán.



A lo interno de la ciudad se han realizado proyectos de mejoramiento a las calles principales descuidando el mantenimiento de las vías secundarias y terciarias en su mayoría, por esta causa las calles se han venido deteriorando cada vez más, entre ellas está la “La Calle Terciaria” de más fácil acceso por el costado sur de la ciudad y que empalma con la nueva carretera Jinotega-Guayacán. Es lamentable ver que esta calle que aportaría un gran beneficio a la ciudad no ha sido atendida en términos de mantenimiento como debería ser, no solo porque comunica al departamento de norte a sur, sino porque también brindaría una mejor distribución vial a la ciudad.

Esta calle consta actualmente de tremendos baches y grietas; a pesar de que está adoquinada casi en su totalidad, el deterioro es de un 90% de su longitud, tanto así que en época de invierno es imposible el paso de ciertos vehículos, causando embotellamiento en las otras vías de acceso.

También es necesario mejorar el drenaje sanitario de la calle, debido a la existencia de fugas en las tuberías de alcantarillas que también contribuyen al deterioro de la calle. El principal motivo del mal estado de éstas tuberías es que han excedido el tiempo de su vida útil siendo ésta la razón donde surge la necesidad de una rehabilitación de tuberías para garantizar un mejor funcionamiento en el servicio que prestaría La Calle Terciaria a la ciudad y su producción.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL:**

- Realizar el “Diseño de pavimento flexible con adoquín de la calle terciaria aplicando el método AASHTO 93 y rehabilitación de tubería de aguas residuales del municipio de Jinotega”.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

1. Analizar los estudios de suelo a lo largo de la vía con el fin de determinar los tipos de suelos existentes y el uso de los bancos de materiales disponibles en la zona.
2. Analizar el estudio de tránsito para determinar la carga que soportará la estructura de pavimento.
3. Determinar los espesores de la estructura de pavimento de adoquín utilizando el método AASHTO 93.
4. Rehabilitar la red de distribución del alcantarillado sanitario de la vía.
5. Calcular el presupuesto en base a costo unitario de los materiales para el desarrollo de rehabilitación del alcantarillado sanitario.

## IV. JUSTIFICACIÓN

Jinotega es un departamento de alto desarrollo económico y turístico. Debido a su posición territorial da gran aporte al desarrollo económico del país, ya que posee la ruta del café, la planta Centro América que brinda energía al departamento y parte del país.

Con los años se han desarrollado rutas de acceso tanto urbano como rural. Una de las más recientes es la carretera Jinotega-Guayacán que ha sido de gran apoyo al proporcionar fácil acceso al departamento.

Actualmente las rutas de acceso al departamento de Jinotega están en buen estado, por desgracia no sucede lo mismo en las calles a lo interno de la ciudad de Jinotega, destacando así una de las vías más importante, como es La Calle Terciaria, que se encuentra en muy mal estado prestando un mal servicio a la circulación vehicular.

Debido al mal estado de La Calle Terciaria los habitantes de la ciudad en general solo circulan por dos vías: la calle Central y la Secundaria, obligando a que ambas vías se encuentren sobrecargadas, de esta situación nace la necesidad de una urgente reparación a “La Calle Terciaria” para la mejora no sólo de la circulación vial a lo interno de la ciudad sino que también, conecta con la nueva carretera Jinotega – Guayacán comunicando al departamento de Norte a Sur.

Llevando a cabo la rehabilitación a la calle Terciaria de la ciudad de Jinotega, mejoraría el servicio de las vías antes mencionadas descargando el flujo vehicular de las mismas.

## **Capítulo I: Estudio de Suelo**

### **1. Aspectos Generales**

#### **1.1 Definición:**

Se denomina suelo a la parte no consolidada y superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que tiende a desarrollarse en la superficie de las rocas emergidas por la influencia de la intemperie y de los seres vivos.

A grandes rasgos los suelos están compuestos de minerales y material orgánico como materia sólida, agua y aire en distintas proporciones en los poros. De una manera más esquemática se puede decir que la pedosfera, el conjunto de todos los suelos, abarca partes de la litosfera, biosfera, atmósfera e hidrósfera.

#### **1.2 Origen de los suelos:**

Los suelos provienen de la alteración de las rocas por la acción de los fenómenos atmosféricos durante un tiempo apreciable, el proceso de alteración denominado meteorización se realiza por desintegración o descomposición de las rocas. Donde la desintegración es un proceso mecánico que divide las rocas en partículas pequeñas pero éstas conservan las propiedades físicas y químicas de la roca madre y la descomposición es aquel proceso por el cual la roca se transforma en un producto de diferentes propiedades.

Los causantes de la meteorización de las rocas se llaman agentes de meteorización o intemperismo. Son físicos, químicos y biológicos donde; los primeros producen desintegración y la otra descomposición. Los principales agentes físicos de la meteorización son: agua, glaciales, vientos y temperaturas.

Donde el agua arrastra las rocas y las desintegra produciendo suelos por lo general gruesos tales como gravas y arenas, los glaciales son movimientos de grandes masas de hielos produciendo un efecto abrasivo en las partículas

transportadas, el viento tiene un efecto de erosión que desgasta las rocas y la temperatura produce el efecto de exfoliación por el cual las rocas sufren un descascaramiento que las hace adoptar formas irregulares.

Los principales agentes químicos que producen la meteorización son hidratación, carbonatación, oxidación y solución; estos agentes producen fundamentalmente suelos finos y son los causantes de la formación de casi todas las arcillas.

Los agentes biológicos más importantes son los vegetales y micro-organismos, donde los micro-organismos son los causantes de la formación de los suelos orgánicos que normalmente constituyen la capa superficial de la corteza terrestre, los vegetales al descomponerse dan origen aun una clase especial de suelo denominados turba cuya principal característica es su comportamiento elástico.

Todos los suelos resultantes de la acción de los agentes anteriormente mencionados se pueden agrupar en dos tipos: suelos residuales y suelos transportados. Donde los suelos residuales son aquellos formados en el mismo sitio donde ese encuentra actualmente o sea que prácticamente se hallan ubicados juntos a la roca madre que los ha originado y los suelos transportados cuando agentes físicos han trasladado sus partículas y depositado en el sitio donde actualmente se encuentran. Un caso especial lo constituyen los rellenos que son depósitos de suelos hechos por el hombre.

## **2. Clasificación de los suelos según su funcionalidad:**

- Suelos arenosos: No retienen el agua, tienen muy poca materia orgánica y no son aptos para la agricultura, ya que por eso son tan coherentes.
- Suelos calizos: Tienen abundancia de sales calcáreas, son de color blanco, seco y árido, y no son buenos para la agricultura.
- Suelos humíferos (tierra negra): Tienen abundante materia orgánica en descomposición, de color oscuro, retienen bien el agua y son excelentes para el cultivo.

- Suelos arcillosos: Están formados por granos finos de color amarillento y retienen el agua formando charcos. Si se mezclan con humus pueden ser buenos para cultivar.
- Suelos pedregosos: Formados por rocas de todos los tamaños, no retienen el agua y no son buenos para el cultivo.
- Suelos mixtos: Tienen características intermedias entre los suelos arenosos y los suelos arcillosos.
- Suelos calcáreos: Es el suelo compuesto en su mayor parte por cal en estos tipos de suelo difícilmente crece vegetación.

### **3. Clasificación de los suelos (AASTHO)**

La clasificación de los suelos presentado por la AASTHO es un indicador de las propiedades físicas-mecánicas que tienen los suelos. El análisis granulométrico es necesario para la identificación de un suelo y permite establecer una clasificación primaria dentro de unos grupos amplios con propiedades generales análogas.

El sistema de clasificación de suelos de la "American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)" es el más utilizado actualmente en la construcción de carreteras.

Esta tabla muestra el análisis según mallas así como el límite líquido e índice de plasticidad de las fracciones que pasan la malla N°40. Al pie de la tabla aparece el índice del grupo fundado en una fórmula que tiene en cuenta el tamaño de la partícula y los índices Límite Líquido e Índice de plasticidad.

El índice del grupo indica la idoneidad de un suelo determinado para construir explanaciones. El índice de un grupo igual a "0" indica un material bueno mientras que un índice igual a "20" indica un material deficiente.

### 3.1 Descripción de la clasificación según la AASTHO:

- A-1-a Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas.
- A-1-b Arena con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas.
- A-2-4 Materiales granulares con partículas finas limosas.
- A-2-5 Intermedio.
- A-2-6 Materiales granulares con partículas finas arcillosas.
- A-2-7 Intermedio.
- A-3 Arena de granulometría deficiente que casi no contiene partículas finas ni gravas.
- A-4 Principalmente partículas finas limosas.
- A-5 Tipos de suelos poco frecuentes que contienen partículas finas limosas, generalmente elásticas y difíciles de compactar.
- A-6 Contienen partículas finas limosas o arcillosas con un límite líquido bajo.
- A-7-5 Se incluyen en este subgrupo los suelos con un índice de plasticidad moderado en relación con el límite líquido y que pueden ser altamente compresibles, además de estar sujetos a importantes cambios de volumen.
- A-7-6 Se incluyen en este subgrupo los suelos con un índice de plasticidad elevado en relación con el límite líquido y que están sujetos a cambios de volumen muy importantes.

### 3.2 Descripción de los grupos:

**A. Suelos Granulares:** son aquellos que tiene 35% o menos, del material que pasa en el tamiz No 200, estos están formados por los grupos A-1, A-2 y A-3.

- **Grupo A-1:** este grupo comprende las mezclas bien granulares, compuestos de fragmentos de piedra, grava, arena y materiales poco plásticos.

Este grupo está comprendido en varios sub-grupos:

- ✚ Subgrupo A-1a: Comprende aquellos materiales formados predominantemente por piedra o grava.
- ✚ Subgrupo A-1b: Incluye aquellos materiales formados predominantemente por arena gruesa bien graduada.
- **Grupo A-2**: Comprende una variedad de materiales granulares que contienen menos del 35% de material fino.

Este grupo está dividido en varios subgrupos:

- ✚ Subgrupos A-2-4 y A-2-5: Pertenece a estos grupos aquellos materiales cuyo contenido de material fino es igual o menor del 35% y cuya fracción que pasa el tamiz No. 40, que posee las mismas características de los suelos A-4 y A-5 respectivamente.  
Estos grupos incluyen aquellos suelos gravosos y arenosos (arena gruesa), que tenga un contenido de limo, o de índice de grupo, en exceso a los indicados por el grupo A-1, estos también incluyen las arenas finas con un contenido de limo.
- ✚ Subgrupos A-2-6 y A-2-7: Los materiales de estos subgrupos son semejantes a los anteriores, pero la fracción que pasa por el tamiz No. 40 tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7, respectivamente.
- **Grupo A-3**: En este grupo se encuentran incluidas las arenas finas, de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tenga plasticidad, tales como las arenas de ríos que contenga poca grava y arena gruesa.

**B. Suelos finos limo arcillosos:** Estos contienen más del 35% de material fino que pasa el tamiz No. 200, este incluye los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.



Este se encuentra dividido en varios grupos:

- **Grupo A-4:** Este grupo se caracteriza por tener suelos limosos poco o nada plásticos que contienen el 75% o más de materiales fino que pasa por el tamiz No. 200, además de incluir a este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta un 64%.
- **Grupo A-5:** Los suelos comprendidos a estos grupos son semejantes a los anteriores, pero contienen material micáceo diatomáceo, estos son elásticos y contiene un alto nivel de límite plástico.
- **Grupo A-6:** Estos suelos son generalmente de arcilla plástica. Por el 75% de estos suelos deben de pasar el tamiz No. 200, pero este también incluye la mezcla de arcillo-arenoso cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%, estos presentan grandes campos de volumen entre los estados seco y húmedo.
- **Grupo A-7:** Los suelos de estos grupos son semejantes a los suelos A-6 pero además son elásticos.

Este grupo se divide en Subgrupos:

- ✚ **Subgrupo A-7-5:** Incluye aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a su límite líquido.
- ✚ **Subgrupos A-7-6:** Comprende aquellos suelos cuyos índices de plasticidad son muy elevados con respecto a su límite, además experimentan cambios de volúmenes extremadamente grandes.

#### **4. Investigación y evaluación de los suelos para el diseño de pavimento con adoquín:**

Para la determinación de la información geotécnica básica de los diversos tipos de suelos, debemos efectuar las siguientes investigaciones de campo, exámenes en laboratorios, que determinen su distribución y propiedades.

Una investigación de suelo debe comprender los siguientes aspectos:

- a. Determinación del perfil de suelo: Consiste en la ejecución sistemática de perforaciones en terreno, con el objetivo de determinar la cantidad y extensión de los diferentes tipos de suelos, su distribución por capas y la determinación del nivel de agua freática.
- b. Muestreo de diferentes capas de suelos: Se tomará una muestra por cada perforación realizada, pero a diversas capas del suelo encontradas. Estas muestras pueden ser alteradas o inalteradas; donde las muestras alteradas es cuando éstas no guardan las mismas condiciones en que se encontraba en el terreno de donde éstas proceden, mientras que las inalteradas es el caso contrario de lo antes mencionado.
- c. Ensayo de laboratorio: Las muestras obtenidas se estudian para determinar las propiedades físicas y estimar su comportamiento bajo diversas condiciones.

## **5. Pruebas más aplicadas para pavimento con adoquín:**

**5.1 Determinación del contenido de humedad:** Este ensaye consiste en determinar la cantidad de agua presente en una cantidad de suelo en término de su peso en seco. El contenido de la humedad natural de un suelo no sólo permite definir el tipo de tratamiento que se le puede aplicar durante la construcción, sino que también permite estimar su posible comportamiento como sub-rasante, pues si el contenido natural de agua de un suelo está próximo al límite líquido, es casi seguro que se trate de un suelo muy sensitivo y si por el contrario, el contenido de agua se acerca al límite plástico, puede anticiparse que el suelo presentará un buen comportamiento.

**5.2 Análisis granulométrico:** Esto es muy importante en el proceso de la clasificación de suelos, ya que permite en primera instancia separar la fracción gruesa de la fracción fina. Además, las características del tamaño de las partículas

de un suelo, tienen gran importancia en su comportamiento mecánico e influye considerablemente en la compactación adecuada de los suelos. La estabilidad de un suelo depende de su cantidad de vacíos, mientras sea menor mejor será el comportamiento del mismo. Para lograr que los vacíos de un suelo sean reducidos al mínimo es necesario que el material tenga la gama de tamaños que permitan que los huecos resultantes del acomodo de las partículas mayores, sean ocupados por partículas más pequeñas.

Existen diferentes procedimientos para la determinación granulométrica de un suelo, por ejemplo, para clasificar por tamaños las partículas gruesas, el procedimiento más experimentado es el tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos, el tamiz se hace cada vez más difícil teniéndose entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación.

**5.3 Determinación del límite plástico de los suelos:** Es el menor contenido de humedad que posee el suelo, de acuerdo con el método, bajo el cual el suelo permanece plástico. En este estado, el suelo puede ser deformado rápidamente o moldeado sin recuperación elástica, cambio de volumen, agrietamiento o desmoronamiento.

**5.4 Determinación del límite líquido de los suelos:** Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado líquido del mismo.

**5.5 Peso específico:** Se define como peso específico de un suelo a la relación entre el peso de los sólidos y el peso del volumen de agua que desaloje.

**5.6 Ensayo de compactación:** Es el proceso mediante el cual se determina la compactación máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, condición que optimiza el inicio de la obra con relación al costo y el desarrollo estructural e hidráulico. En general, es conveniente compactar un suelo

para incrementar su resistencia al esfuerzo cortante, reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable.

Para el efecto de la compactación de un suelo durante la construcción, es necesario efectuar pruebas que permitan conocer la máxima densidad y el contenido óptimo de humedad de los diferentes tipos de suelos.

Donde la máxima densidad, es el máximo peso seco, obtenido cuando el material se mezcla con diferentes porcentajes de agua y se compacta de una manera pre-establecida; y el óptimo contenido de humedad es el porcentaje de agua con el cual se obtiene la máxima densidad para el esfuerzo de compactación específico.

**5.7 Determinación de la resistencia de los suelos:** para la determinación de la resistencia de los suelos es necesario hacer pruebas de laboratorio tales como el CBR que es la medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas.

$$CBR = \frac{\text{Presión en muestra de suelo}}{\text{Presión en muestra patrón}} * 100$$

**Tabla – 1: Valores de carga unitaria de patrón:**

**Valores de cargas unitarias patrón (División de carretera de California)**

Penetración		Cargas Unitarias patrón		
Mm	In	MPA	g/cm <sup>2</sup>	PSI
2.54	0.1	6.9	70	1000
5.08	0.2	105	105	1500
7.62	0.3	133	133	1900
10.16	0.4	162	162	2300
12.7	0.5	183	183	2600

Fuente: Ingenierías de pavimento para carreteras, Ing. Alfonso Fonseca 2002.

**5.8 Ensayos adicionales:** En algunas ocasiones, existen o se provee condiciones especiales o poco usuales de los suelos, en tales casos es necesario efectuar

pruebas adicionales. Por ejemplo un suelo expansivo efectuado por grandes variaciones climáticas de humedad pueda requerir estabilización con algún aditivo o compactación de baja densidad, con alto contenido de humedad, en cada caso ajustándose a las indicaciones de la práctica local, tipo de superficie y cargas de diseño.

**5.9 Medida y selección del valor de resistencia de un suelo típico de Sub-rasante:** Sobre los suelos de Sub-rasante que predominan en cada unidad se adelantarán ensayos in situ o en laboratorio, que permitan dar a conocer su resistencia en las condiciones de equilibrio que se espera presenten durante el periodo de durabilidad del pavimento. La cantidad de ensayos por realizar sobre cada suelo debe ser tal que permita definir sus características como la resistencia, con su apropiado grado de confiabilidad.

## **6. Análisis de resultados del estudio de suelo:**

Una de las características importantes para el diseño de una estructura de pavimento, es conocer la capacidad de soporte del suelo de la sub-rasante en la que apoyará la estructura del pavimento, de tal manera que brinde una mejor funcionalidad a las exigencias del tráfico.

Con el propósito de conocer las condiciones y características del sub-suelo a lo largo del tramo en estudio comprendido por los barrios Alejandro Ramos, Ernesto Rosales, 20 de Mayo y Ducualí, se procedió a la ejecución de trece (13) sondeos manuales con una profundidad máxima de 1.50 metros cada uno (Ver anexo I-3), los que se distribuyeron de forma racional en todas las calles, ubicándose de manera alterna a la izquierda y derecha del eje central, a una distancia entre sondeos no mayor de 100 metros.

Se hizo un recorrido en los alrededores de la ciudad con el propósito de identificar, localizar y muestrear 3 (tres) posibles fuentes de materiales, las cuales puedan suplir material de base y/o sub-base de adecuada calidad al proyecto.

Las muestras obtenidas en el campo, se examinaron y clasificaron In Situ por el personal de campo, tomándose muestras alteradas, correspondiente a cada estrato, las cuales se trasladaron al laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios.

Las diferentes muestras de suelos que se obtuvieron en la exploración, se reagruparon y fueron sometidas a ensayos de laboratorio.

**Tabla – 2: Tipos de ensayos efectuados y la designación A.A.S.H.T.O**

<b>Tipo de Ensaye</b>	<b>Designación A.A.S.H.T.O</b>
<i>Análisis granulométrico de los suelos</i>	T 27 – 88
<i>Límite líquido de los suelos</i>	T 89 – 90
<i>Índice de plasticidad de los suelos</i>	T 90 – 97
<i>Pesos Unitarios (*)</i>	T 19 – 88
<i>Ensaye Proctor Estándar (*)</i>	T 180 – 90
<i>Ensaye C.B.R. (*)</i>	T 193 – 81

(\*) Ensayes realizados solo a la fuente de materiales.

La muestra para el ensayo CBR se saturó por un tiempo de cuatro días, antes de ejecutar el ensayo. Todos los suelos en estudio se clasificaron por el sistema A.A.S.H.T.O. (Asociación Americana de Funcionarios de Carretera Estatales y Transporte)

Logramos observar que en los resultados de sondeos de la línea los más predominantes según la clasificación de la A.A.S.H.T.O. son:

- ❖ A - 1 – a: este tipo de suelo se encontró en capas con una profundidad que oscila de 0 cm hasta 30cm, en algunos casos hasta una profundidad de mayor de 1m. Estos suelos están compuestos por cantos, grava y arena, calificados como suelos de excelentes a buenos.
- ❖ A - 7 – 6: este tipo de suelo se encontró en capas con una profundidad que oscila de 10 cm hasta profundidades mayores a 1m. Estos suelos son limosos y arcillosos, calificados como suelos de regular a malos.

**Tabla - 3: Resultados de sondeo manuales por tramo de estudio:**

Descripcion	Sondeo	Sondeos Realizados	Profundidad (mts)	Clasificación AASHTO
Barrio Alejandro Ramos	SM-1	2	0.00 – 0.10	A – 1 – a (0)
			0.10 – 1.50	A – 7 – 6 (12)
	SM-2	2	0.00 – 0.20	A – 1 – a (0)
			0.20 – 1.50	A – 7 – 6 (12)
Barrio Ducualí	SM-3	2	0.00 – 0.30	A – 1 – a (0)
			0.30 – 1.50	A – 1 – a (0)
	SM-4	2	0.00 – 0.25	A – 1 – a (0)
			0.25 – 1.50	A – 1 – a (0)
	SM-5	1	0.00 – 1.50	A – 1 – a (0)
	SM-6	1	0.00 – 1.50	A – 1 – a (0)
Barrio Ernesto Rosales	SM-7	2	0.00 – 0.37	A – 1 – b (0)
			0.37 – 1.50	A – 7 – 6 (19)
	SM-8	2	0.00 – 0.30	A – 1 – b (0)
			0.30 – 1.50	A – 7 – 6 (19)
	SM-9	1	0.00 – 1.50	A – 1 – b (0)
	SM-10	2	0.00 – 0.30	A – 1 – b (0)
0.30 – 1.50			A – 7 – 6 (19)	
20 de Mayo	SM-11	1	0.00 – 1.50	A – 1 – a (0)
	SM-12	1	0.00 – 1.50	A – 1 – a (0)
	SM-13	1	0.00 – 1.50	A – 1 – a (0)
		<b>20</b>		

Fuente: Laboratorio de Materiales y Suelos “Ing. Julio Padilla Méndez”

Con el propósito de suministrar a la obra de materiales adecuados de cimentación, se tomaron muestras de diferentes fuentes de materiales. Los análisis específicos de cada banco se encuentran en el *Anexo I-4*

**Tabla - 4: Resultados de fuentes de materiales de la Ciudad de Jinotega:**

Descripcion	Clasificación AASHTO	CBR (%)	PVSS (Kg/m <sup>3</sup> )	PVSC (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Máxima (Kg./m <sup>3</sup> )	Humedad óptima (%)	Observacion	Localizacion
Casa Sola	A-2-7 (0)	99.6	1,365	1,470	1,877	9.3	Este material puede ser utilizado como base y sub-base	KM. 167
El canal	A-1-a (0)	97.8	1,336	1,254	2,054	9.5	Este material puede ser utilizado como base y sub-base	kM. 175
Dirianguen	A-1-a (0)	92.2	1,146	1,358	1,694	8.2	Este material puede ser utilizado como base y sub-base	KM. 167

Fuente: Laboratorio de Materiales y Suelos “Ing. Julio Padilla Méndez”

El banco de materiales El Canal de acuerdo a los análisis de laboratorio nos muestra que contiene un suelo de alta calidad, el cual presenta CBR de 97.8% y una densidad máxima 2,054 kg/cm<sup>3</sup> cumpliendo con la norma Nic-2000. Por lo tanto tomaremos este banco para material de base.

## Capítulo II. Estudio de Tránsito

### 1. Aspectos generales

#### 1.1 Definición

Cuando hablemos de tránsito en esta monografía nos vamos a referir al flujo de vehículos que llevan personas, bienes o ambas cosas que circulan en un determinado tramo de carretera, en una vía, en un camino. El flujo de vehículos también puede conocerse como tráfico vehicular o tráfico.

#### 1.2 Consideraciones para el estudio de tránsito

Dentro de las consideraciones que deben tomarse en cuenta para el diseño de estructuras de pavimento, es necesario analizar fundamentalmente la problemática que representa el comportamiento de los pavimentos debido al tránsito, ya que éste se incrementa conforme el desarrollo tecnológico y crecimiento demográfico, lo que trae a su vez mayor cantidad de repetición de ejes y cargas.

Este estudio es realizado con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos sobre un punto o secciones específicas dentro del sistema vial. Se realiza un conteo de tráfico para tener una estadística real del volumen de tránsito vehicular diario que pasan por un punto predeterminado de acuerdo a la clasificación según su capacidad de carga. Estos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo y de su conocimiento, se hace posible el desarrollo de estimaciones de la calidad de servicio prestados a usuarios.

Consecuente a este análisis 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. Por lo general este estudio se realiza en vías de tránsito mixto que está compuesto de vehículos de



diferente peso y número de ejes y que para efectos de cálculo se les transforma en un número de ejes equivalentes de 80 KN o 18 kips, por lo que se les denominará “Equivalent simple axial load” o ESAL (ejes equivalentes).

### **1.3 Clasificación de vehículos según su capacidad de carga<sup>1</sup>.**

#### **1.3.1 Vehículos de pasajeros**

- **Bicicletas:** Incluye todos los tipos de vehículos personal de propulsión humana, es decir por el propio viajero.
- **Motos:** Incluye todo los tipos de motocicletas tales como: mini-motos, cuadriciclos y taxi motos, etc.
- **Autos:** Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
- **Jeeps:** Se consideran todos los vehículos, conocidos como 4x4. En diferentes tipos de marcas, tales como Toyota, Land Rover, Jeep, etc.
- **Camionetas:** Son los tipos de camionetas que tienen tina, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están destinadas a trabajos de carga.
- **Micro-bus:** Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
- **Mini-bus o micro-bus > 15 pasajeros:** 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 pasajeros sentados.

#### **1.3.2 Vehículos de carga**

- **Liviano de carga:** se consideran todos aquellos vehículos cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.

---

<sup>1</sup> Ver Anexo II-1

- **Camión de carga:** Son todos aquellos camiones tipo C2 (2 ejes) y C3 (3 ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
- **Camión de carga pesada:** Son aquellos vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<4.
- **Tx-Sx>5:** Se consideran las combinaciones tractor-camión y semi-remolque, que sea igual o mayor de 5 ejes.
- **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 a 5 ejes.

### 1.3.3 Equipo pesado:

Se compone de los vehículos que no son utilizados para el transporte de personas o cargas, sino para fines más específicos, como:

- **Vehículo agrícola:** Se incluyen remolques o tráiler pequeños halados por cualquier clase de vehículos automotor, también se incluyen los tirados o halados por tracción animal o humana. Son vehículos provistos de llantas de hule, siendo las traseras de gran tamaño. Muchas de ellas tienen arado, con el cual efectúan faenas del calado agrícola (Tractores, arados, cosechadoras, etc.).
- **Vehículo de construcción:** Generalmente se utilizan en la construcción de carreteras, puentes y demás obras civiles, pueden ser de diferentes tipos tales como: moto niveladoras, palas mecánicas, compactadoras, mezcladoras.
- **Otros:** Se incluyen remolques o tráileres pequeños halados por cualquier clase de vehículos automotor, también se incluyen los tirados o halados por tracción animal o humana.

## 2. Volumen de tránsito

Se define como volumen de tránsito, el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período de tiempo determinado. Para el diseño de estructuras de pavimento es necesario conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado. Para el efecto se realizan estudios de volúmenes de tránsito, los cuales pueden variar desde los más amplios en un sistema de caminos, hasta el recuento en lugares específicos (generalmente en Nicaragua se utilizan aforos).

Este aforo se realizara con el objeto de:

1. Determinar la composición vehicular del tránsito en la vía.
2. Determinar el número de vehículos que transitan en cierta zona o que circulan dentro de ella.
3. Determinar el tránsito futuro.

El tránsito cambia según el día de la semana, cambia según la semana del mes, cambia según la estación o época del año, cambia según los días de descanso o asueto, etc.

Por lo que es necesario hasta donde sea posible, contar con estadísticas de períodos largos de evaluación del tránsito, para analizar el comportamiento de los diferentes volúmenes y tipos de vehículos, que nos permitan en mejor forma evaluar las cargas que se aplicarán a la estructura de pavimento.

Dentro de las consideraciones también es necesario conocer las tasas de crecimiento o el incremento anual del tránsito, además de la distribución por dirección en cada sentido de la vía.

Los conteos volumétricos se deberán realizar en correspondencia con las estaciones de encuesta de origen-destino y en los principales tramos de la red

vial; el objetivo de estos conteos es el de estimar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) en cada uno de los puntos en que se realicen.

## 2.1 Cálculos estadísticos de volumen de tránsito por períodos de tiempo

En las determinaciones de volúmenes pueden considerarse todos los vehículos que circulan por una vía, en un solo sentido o en ambos.

El volumen de tránsito promedio diario (TPD) es definido como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dados en vehículos por día.

- **Tránsito Promedio Diario Anual o TPDA:** Se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una vía en un periodo de un año dividido entre los días del año.

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

Dónde:

TA= Tránsito anual

El TPDA es uno de los elementos primarios para el diseño no solo geométrico de una vía, sino también para el diseño estructural de la misma.

El TPDA constituye un indicador muy valioso de la cantidad de vehículos de diferentes tipos (livianos o de carga) y funciones (transporte de mercancía o personas), que sirve la vía existente como un tránsito normal y que continuará haciendo uso de dicha carretera una vez sea mejorado, o que se estima utilizará al entrar en servicio para los usuarios.

- **Tránsito Promedio Diario Semanal o TPDS:** es el valor promedio del tránsito diario, obtenido con base al volumen de vehículos que pasan por un punto en un periodo de una semana.

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

Dónde:

TS= Tránsito semanal

## 2.2 Tasa de crecimiento vehicular anual (i)

La tasa de crecimiento es un factor que determina la magnitud de las demandas que un país debe satisfacer por la evolución de las necesidades de su pueblo en cuestión de infraestructura (por ejemplo, escuelas, hospitales, vivienda, carreteras), recursos (por ejemplo, alimentos, agua, electricidad), y empleo.

Para la obtención de la tasa de crecimiento vehicular anual, el método más conocido en nuestro medio es la estimación del tránsito en base a la tasa de crecimiento anual de los indicadores económicos nacionales y/o de cómo el tránsito seha comportado históricamente en una región del país. Los indicadores comúnmente usados son:

- PIB Producto interno Bruto
- Consumo de combustible
- Exportaciones
- Producción de determinados productos.
- Estadísticas del comportamiento en un puerto, terminal de pasajeros de un aeropuerto, aduana fronteriza, caseta de peajes para cobrar, etc.
- Crecimiento poblacional
- Crecimiento histórico de tránsito a nivel de vía
- Crecimiento histórico de tránsito a nivel de región
- Crecimiento histórico del tránsito a nivel de red

El método consiste en ordenar los registros anuales para cada año registrado, para observar su comportamiento y obtener la tasa de crecimiento anual. Estas tasas de crecimiento pueden dividirse en normales, negativas o muy elevadas.

Debido a que la información existente de tráfico presenta variabilidad en el comportamiento de vehículos, tasas decrecientes y crecientes muy elevadas, se estima razonable y conservador establecer o comparar el criterio económico para definir la tasa anual de crecimiento del tráfico.

### **2.2.1 Producto Interno Bruto (PIB)**

Se conoce como "Producto Interno Bruto" a la suma de todos los bienes y servicios finales que produce un país o una economía, tanto si han sido elaborados por empresas nacionales o extranjeras dentro del territorio nacional, que se registran en un periodo determinado (generalmente un año). Dentro de los valores bienes producidos tenemos: viviendas, comercio, servicios, Gobierno, transporte, etc.

Cada uno de estos bienes y servicios se valora a su precio de mercado y los valores se suman para obtener el PIB.

EL PIB es un indicador representativo que ayuda a medir el crecimiento o decrecimiento de la producción de bienes y servicios de las empresas de cada país, únicamente dentro de su territorio. En la siguiente tabla se muestra los indicadores de la tasa de crecimiento real del PIB en Nicaragua en los últimos años desde 2007 al 2014.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>Tomando en cuenta las tasas de crecimiento real del PIB en Nicaragua desde los años 2007 al 2014 obtenemos un promedio de **i=3.57%**.

**Tabla - 5: Indicadores de la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto en Nicaragua**

<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Crecimiento PIB real</b>	porcentaje	3.6	2.76	-1.47	3.2	6.2	5.1	4.5	4.7

Fuente: Fondo Monetario Internacional (FMI), Base de datos del World Economic Outlook (WEO), Marzo de 2015, Banco Central de Nicaragua.

### **2.2.2 Tasa de Crecimiento Poblacional:**

Es el cambio en la población en cierto plazo y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población, usando el tiempo como unidad para su medición. La tasa de crecimiento, es la tasa que mide el crecimiento o decrecimiento de la población. Para este estudio se tomó como referencia el último Plan de desarrollo de la ciudad de Jinotega.

**Tabla – 6: Estimaciones y proyecciones de la población de Jinotega:**

*Estimaciones y proyecciones de la población*

<b>Año</b>	<b>TC</b>
<b>2005 – 2010</b>	1.9
<b>2010 – 2015</b>	1.4
<b>2015 – 2020</b>	1.6

Fuente: Plan de desarrollo Urbano de la Ciudad de Jinotega 2008, pág. 62

### **2.2.3 Historial de Tránsito Vehicular:**

Dependiendo de muchos factores, como el desarrollo económico – social, la capacidad de una vía, etc., es normal que el tránsito vehicular vaya aumentando con el paso del tiempo, hasta que llega a un punto tal de saturación, en el que se mantiene prácticamente sin crecer.

Para determinar la tasa de crecimiento vehicular se aplica la siguiente ecuación correspondiente:

$$TC = \left[ \frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right]^{1/n} - 1$$

Dónde:

TC: Tasa de Crecimiento Vehicular

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

TPDA<sub>0</sub>: Tráfico Promedio Diario Del Año Base

n: Diferencia de Años

Para nuestro tramo en estudio se tomó como referencia el historial de tránsito de la estación de control N° 317 Estación Quebrada Onda – Entrada el Guayacán

Tabla – 7: Historial de Tránsito. Estación de Control N° 317:

Año	TPD	TC
2000	2868	
2002	2881	<b>0.23</b>
2005	3048	1.90
2010	4510	<b>21.64</b>
2011	4191	-7.07
2012	5175	<b>23.48</b>
<b>Tasa Promedio</b>		<b>8.03</b>

Fuente: Anuario de Aforos de Tránsito 2014.

Aplicando la ecuación para determinar la tasa de crecimiento, se calculó las tasas año a año desde el 2000 y posteriormente se promediaron todas encontrando una tasa promedio de 8.03%:



Por ejemplo entre los años 2000 y 2002 la tasa de crecimiento es:

$$TC = \left( \frac{2881}{2868} \right)^{1/2} - 1 = 0.23\%$$

Concluimos que para el periodo 2000 – 2012 el tráfico en el tramo creció a una tasa promedio del 8.03 %, mientras la otra tasa analizada que nos da el PIB es una tasa moderada del 3.57% la cual utilizaremos para las proyecciones del tránsito.

#### **2.2.4 Tránsito proyectado:**

Este tráfico, en forma proyectada es el que conjuntamente con el Normal, queda establecido, como consecuencia de la aplicación de variables socioeconómicas representadas por los factores y tasa empleadas en las proyecciones. El tráfico proyectado se efectúa para el valor del TPDA obtenido para cada sector o tramo de conteo vehicular.

Esta proyección del tráfico es utilizado para el cálculo de la aplicación de las políticas de mantenimiento y del refuerzo estructural u de otra categoría que se colocará en las zonas donde se requiera, como medida de mantenimiento. Para el cálculo del tráfico futuro se utilizará la siguiente fórmula:

$$Tf = T_o (1+i)^n$$

Donde:

- Tf = Tráfico en el año n o tránsito futuro
- T<sub>o</sub> = Tráfico actual o en el año base
- i = Tasa de crecimiento
- n = Año para el cual se calcula el volumen de tráfico.

### **3. Clasificación funcional de las carreteras del país<sup>3</sup>:**

- Troncal Principal.
- Troncal Secundario.
- Colectora Principal.
- Colectora Secundaria.
- Caminos Vecinales.

#### **3.1 Características según su clasificación:**

##### **3.1.1 Troncal principal**

Es una red de rutas continuas con las siguientes características:

- Sirve a desplazamientos de grandes longitudes de viajes como el tránsito Interdepartamental o interregional cuyos índices de viaje son elevados.
- Forman parte de la Red Vial Centroamericana.
- Sirven a grandes volumen de tránsito cuyo TPDA es mayor a los 1,000 vehículos.
- Forman una red integrada sin conexiones fragmentadas, excepto cuando condiciones geográficas o de flujo de tráfico lo indiquen, tales como conexiones aciudades costeras como Corinto.
- Conectan cabeceras departamentales o centros urbanos con más de 50,000 habitantes.
- El sistema Troncal Principal tiene dos niveles de servicio.
- Las obras de acceso controlado que limitan el ingreso y egreso a ciertos puntos fijos.
- Otras rutas con características de diseño similares pero sin control de acceso.
- Se requiere un ancho de derecho de vía de 50 metros, incluye 5 m. a cada lado

---

<sup>3</sup> Ver Anexo II-3

del eje ó línea media de la misma, con el propósito de colocar rótulos de Información gubernamental.

### **3.1.2 Troncal secundaria**

Se caracterizan por:

- Conectar cabeceras departamentales o centros económicos importantes y centros importantes generadores de tráfico, tales como áreas turísticas capaces de atraer viajes de mayor distancia.
- Troncal Secundaria Nacional Primaria.
- Sirve también a un volumen considerable de viajes Inter-departamentales.
- Sirve a corredores de viajes con longitudes de trayecto y densidades de viajes mayores que los que atienden los sistemas de carreteras colectoras.
- El volumen de tráfico atendido es mayor de 500 veh/día.
- Se requiere un ancho de derecho de vía de 50 metros, incluye 5 m. a cada lado del eje ó línea media de la misma, con el propósito de colocar rótulos de la información gubernamental.

### **3.1.3 Colectora principal**

- Comunican una o más cabeceras municipales con población superior a los 10,000 habitantes, a la red nacional.
- Colectora Principal Nacional Secundaria.
- Comunican centros poblaciones no atendidos por la red troncal. Estas rutas generalmente están dentro de las municipalidades.
- Se usan como conexión entre dos caminos troncales secundarios.
- Reciben tratamiento profesional en las intersecciones con respecto a los movimientos de tráfico sobre rutas de menor orden.

- Interceptan en cada uno de sus extremos un sistema vial, funcionalmente de igual o superior categoría.
- El flujo de tráfico es mayor a 250 veh/día.
- Se requiere un ancho de derecho de vía de 50 metros, incluye 5 m. a cada lado del eje o línea media de la misma, con el propósito de colocar rótulos de Información gubernamental.

#### **3.1.4 Colectora secundaria**

- Suministrar conexiones a una categoría superior de comunicación para centros urbanos y generadores de tráfico menores.
- Colectora Secundaria Nacional Terciaria.
- Son caminos de alta importancia municipal, con poblaciones servidas son mayores de 5,000 habitantes.
- Son objetos de tratamiento profesional con respecto al flujo de tráfico en las intersecciones con caminos vecinales.
- El flujo de tráfico atendido es mayor a los 250 veh/día.
- Se requiere un ancho de derecho de vía de 30 metros, incluye 5 m. a cada lado del eje ó línea media de la misma, con el propósito de colocar rótulos de la información gubernamental.

Según la característica de nuestra calle en estudio la clasificaremos como una vía del tipo **Colectora sub urbana**. Este tipo de vías constan de dos carriles de servicio y consta con un TPDA de 500 – 3,000 (**ver anexo II-3**).

#### 4. Análisis de resultado de estudio de tránsito.

##### A. Conteo vehicular:

Para la determinación del Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS) de la Calle Terciaria, se ha ingresado la cantidad de vehículos aforados en el periodo de 12 horas continuas por día durante una semana con horarios de 6:00 am – 6:00 pm.

Este conteo se realizado durante 12 horas, es necesario proyectarlo a un tránsito equivalente a 24 horas para ellos es necesario calcular un factor día o factor 24 horas que se obtiene de la siguiente fórmula:

$$F_{24hrs} = \frac{(TPDiurno + TPNocturno)}{TPDiurno}$$

- **Tránsito diurno:** Es el valor de tránsito obtenido con base al volumen de vehículos que pasan por un punto en un período de 12 horas durante el día. En nuestro análisis fue obtenido en el lapso de horas de 6:00 AM a 6:00 PM.
- **Tránsito nocturno:** Es el valor de tránsito obtenido en base al volumen de vehículos que pasan por un punto en un período de 12 horas (6:00 PM a 6:00 AM), la determinación de este volumen de tránsito se realizó el día Martes amanecer Miércoles, valorando que es un día más representativo para el desarrollan de diversas actividades en la ciudad de Jinotega.

Tomando en cuenta que por la ubicación de la calle en el casco urbano de la ciudad, no hay factor estacional registrado, entonces utilizaremos los factores de la estación más cercana “Quebrada Honda – Guayacán”.

El Tránsito Promedio Diurno (TPDi) para doce horas, se obtiene en base a los resultados del conteo realizado el día martes, que se muestran en la **Tabla - 8**, estos valores servirán para calcular el factor día o factor 24 horas, obteniendo este factor nos permitirá proyectar el tránsito de 12 horas de los días de la semana a un tránsito de 24 horas.

**Tabla – 8: Tránsito Diurno del día Martes<sup>4</sup>**

DESCRIPCIÓN	Martes, 7 de Febrero del 2012												Sumatoria Tránsito Diurno
	6:00 7:00	7:00 8:00	8:00 9:00	9:00 10:00	10:00 11:00	11:00 12:00	12:00 13:00	13:00 14:00	14:00 15:00	15:00 16:00	16:00 17:00	17:00 18:00	
<b>Autos</b>	13	37	46	64	67	60	45	41	56	50	37	29	<b>545</b>
<b>Jeep</b>	1	2	1	1	3	2	4	13	5	10	8	3	<b>53</b>
<b>Camionetas</b>	18	30	42	48	55	39	65	51	49	48	53	45	<b>543</b>
<b>Micro Bus</b>	0	1	2	1	2	1	3	2	3	1	2	2	<b>20</b>
<b>Micro Bus &gt;15P</b>	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	<b>4</b>
<b>Bus</b>	1	1	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	<b>7</b>
<b>C2</b>	3	5	6	3	4	4	7	12	4	9	4	6	<b>67</b>
<b>C3</b>	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	<b>3</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla – 9: Tránsito Nocturno del día Martes**

DESCRIPCIÓN	Martes, 7 de Febrero del 2012												Sumatoria Tránsito Nocturno
	18:00 19:00	19:00 20:00	20:00 21:00	21:00 22:00	22:00 23:00	23:00 00:00	00:00 01:00	01:00 02:00	02:00 03:00	03:00 04:00	04:00 05:00	05:00 06:00	
<b>Autos</b>	67	46	54	29	19	13	10	7	1	4	5	10	<b>265</b>
<b>Jeep</b>	7	2	1	4	1	1	1	0	1	0	1	1	<b>20</b>
<b>Camionetas</b>	73	44	31	28	14	12	10	9	4	9	11	14	<b>259</b>
<b>Micro Bus</b>	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>3</b>
<b>Micro Bus &gt;15P</b>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>Bus</b>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	<b>3</b>
<b>C2</b>	14	3	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>23</b>
<b>C3</b>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Cálculo del factor día o factor 24 horas según el tipo de vehículo:**

$$F_{24hrs-Autos} = \frac{(545 + 265)}{545} = 1.49$$

$$F_{24hrs-Jeep} = \frac{(53 + 20)}{53} = 1.38$$

$$F_{24hrs-Camionetas} = \frac{(543 + 259)}{543} = 1.48$$

<sup>4</sup> Ver Anexo II-2

$$F_{24hrs-Microbus} = \frac{(20 + 3)}{20} = 1.15$$

$$F_{24hrs-Microbus > 15P} = \frac{(4 + 1)}{4} = 1.25$$

$$F_{24hr-Bus} = \frac{(7 + 3)}{7} = 1.43$$

$$F_{24hrs-C2} = \frac{(67 + 23)}{67} = 1.34$$

$$F_{24hrs-C3} = \frac{(3 + 1)}{3} = 1.33$$

El propósito de utilizar este factor de ajuste en este aforo vehicular, es que permite proyectar el tráfico que circula en un ciclo de 12 horas a un tráfico de 24 horas durante la semana.

**Tabla - 10: Conteo de tránsito diurno**

DESCRIPCION	Fecha del 5 de Febrero al 11 de Febrero del 2012							TDi
	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
	12 horas							
<b>Autos</b>	423	624	545	564	498	588	504	<b>3746</b>
<b>Jeep</b>	39	56	53	36	36	49	39	<b>308</b>
<b>Camionetas</b>	358	691	543	619	571	680	559	<b>4021</b>
<b>Micro Bus</b>	17	25	20	25	19	24	17	<b>147</b>
<b>Micro Bus &gt;15P</b>	4	4	4	5	4	5	2	<b>28</b>
<b>Bus</b>	5	6	7	6	5	5	5	<b>39</b>
<b>C2</b>	38	79	67	82	63	84	62	<b>475</b>
<b>C3</b>	2	1	3	2	1	3	2	<b>14</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla – 11: Conteo del tránsito semanal de 24 horas (Valores del tránsito diurno afectados por el factor día)**

DESCRIPCION	Factor de 24 horas	Fecha del 5 de Febrero al 11 de Febrero del 2012							TS
		Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
		12 horas							
Autos	1.49	630	930	812	840	742	876	751	5581
Jeep	1.38	54	77	73	50	50	68	54	426
Camionetas	1.48	530	1023	804	916	845	1006	827	5951
Micro Bus	1.15	20	29	23	29	22	28	20	171
Micro Bus >15P	1.25	5	5	5	6	5	6	3	35
Bus	1.43	7	9	10	9	7	7	7	56
C2	1.34	51	106	90	110	84	113	83	637
C3	1.33	3	1	4	3	1	4	3	19

Fuente: Elaboración Propia.

### Cálculo de Tránsito promedio anual:

Para la estimación del TPDA, se identificó el grado de asociación de la calle en estudio partiendo del perfil de variación de flujo vehicular que presentó mayor similitud con las Estaciones de Mayor Cobertura definidas, en nuestro caso tomamos la estación permanente No. 317 constituida por el tramo Quebrada Honda – El Guayacán contando con factores de ajustes de conformidad al levantamiento de la información presente en el anuario de aforos de tráfico año 2010 del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI.

**Tabla – 12: Factores de ajuste de la estación permanente No. 317**

Camino: NIC	Estación: 317 Tramo: Quebrada Honda-Entrada El Guayacan Período L Días: 3 Horas: 12 Mes/Año noviembre 2010 Km:116.7																		
Grupos	Vehículos de Pasajeros							Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total		
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus <15s.	McBus 15 - 30s	Bus 30+s	Liv 2-5 t	C2 5+t	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	V.A.	V.C.		Otros	
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19		21	
TP(D)	293	442	326	1298	46	4	243	383	427	83		129					4	3678	
Factor Dia	1.20	1.26	1.22	1.25	1.27	1.18	1.22	1.29	1.44	1.53	1.00	1.41	1.00	1.00	1.00	1.00	1.07		
Factor Semana	0.94	1.02	0.99	0.93	0.93	0.81	0.98	0.87	0.88	1.06	1.00	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00	0.82		
Factor Expansión	1.03	1.04	1.08	1.00	1.19	1.21	1.03	1.08	0.95	0.71	1.00	1.32	1.00	1.00	1.00	1.00	0.83		
TPDA Sept-Dic	339	590	425	1507	65	4	300	467	515	95		200					3	4510	
%TPDA	7.52	13.08	9.42	33.41	1.44	0.09	6.65	10.35	11.42	2.11		4.43					0.07	100.00	
% Vehículos Livianos 64.97%				% Vehículos Pesados 34.97%														0.07%	100.00%

Fuente: Anuario de Trafico 2010 Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).



**Tabla – 13: Tránsito promedio diario anual (TPDA) de la calle terciaria**

DESCRIPCIÓN	Tramo: Puente Centro América al Puente la Gallera - Días: 7 - Horas: 24 - Mes/Año: Enero 2012 - Km: 1.6								TOTAL	
	Vehículos de Pasajeros					Vehículos de Carga				
	Autos	Jeep	Camionetas	Micro-Bus	Micro-Bus > 15 P	Bus	C2	C3		
T Semanal (24 h)	5581	426	5951	171	35	56	637	19	<b>12876</b>	
TPDS	797	61	850	24	5	8	91	3		
Factor de expansión	1,04	1,08	1	1,19	1,21	1,03	0,95	0,71		
TPDA - vpd	829	66	850	29	6	8	86	2	<b>1876</b>	
% TPDA	44,19%	3,52%	45,31%	1,55%	0,32%	0,43%	4,58%	0,11%	<b>100%</b>	
% Vehículos Liviano: 95.32							% Vehículos Pesados: 4.69			

Fuente: Elaboración Propia.

Aplicando los factores de ajuste de la estación permanente No. 317 para el cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual del tramo analizado se obtiene como resultado que circulan 1876 vehículos por día.

## Capítulo III. Diseño de Pavimento

### 1. Aspectos generales

#### 1.1 Definición:

Se entiende por pavimento la estructura superficial compuesta generalmente por varias capas de diferentes materiales que sirve de acabado a una vía, ya sea vehicular o peatonal, cuyo fin es dar resistencia estructural para atender el paso de los vehículos o peatones, y por medio de su capa superior, controlar la erosión por acción del agua o el viento de los materiales que conforman la base de dicha vía, complementando su estructura.

La construcción de pavimentos flexibles se realiza a base de varias capas de materiales. Cada una de las capas recibe cargas por encima de ella. Cuando las supera la carga que puede sustentar, traslada la carga restante a la capa inferior.

Los pavimentos articulados son aquellos en los cuales la capa superior o acabado del pavimento está constituida por elementos prefabricados de concreto, piezas de arcilla cocida, o piedras duras en su forma natural o cortadas siguiendo algún patrón modular, que empalman entre sí sin emplear materiales cementantes para fijarlos.

Las capas de un pavimento flexible que conforman un suelo se colocan en orden descendente en capacidad de carga. La capa superior es la que mayor capacidad de soportar cargas tiene de todas las que se disponen. Por lo tanto la capa que menos carga puede soportar es la que se encuentra en la base. La durabilidad de un pavimento flexible no debe ser inferior a 8 años y normalmente suele tener una vida útil de 20 años.

## 1.2 Inicios de las primeras utilizaciones del pavimento de adoquín:

La historia de los pavimentos de adoquines se confunde con la historia del primer pavimento que se construyó, con superficie limpia y duradera, hace unos 25 siglos; el empedrado. Su aparición se debió a la necesidad sentida por el hombre de tener vías durables, que permitieran el desplazamiento rápido y seguro por ellas en cualquier época del año.

A medida que se fueron refinando los carros de tracción animal se buscó una superficie de rodadura más continua que permitiera un tránsito más cómodo; para lograr esto, se abandonó la práctica de colocar las piedras en estado natural y se comenzó a tallarlas en forma de bloques para obtener un mejor ajuste entre ellas.

Puede decirse que con esto aparece el primer pavimento de adoquines, pues la palabra española adoquín proviene del árabe "ad-dukkân" que quiere decir "piedra escuadrada".

Los pavimentos de piedra se siguieron construyendo hasta comienzos del siglo XX y el hecho de que gran cantidad de ellos aún se encuentran en servicio y en buen estado, atestigua su durabilidad y buen comportamiento. Debido al proceso acelerado de urbanización en el siglo XIX y a la aparición del automóvil con motor de combustión interna a finales del mismo, no resultaba económico ni práctico tallar la gran cantidad de piedras que requería el ritmo de pavimentación acorde con las necesidades de esa época. Por esto, el pavimento de adoquines de piedra comenzó a ser remplazado por pavimentos de adoquines de arcilla cocida, de bloques de madera y se desarrollaron las técnicas de pavimentación con concreto y con asfalto; éstas últimas de uso corriente y predominante en la actualidad. Si bien la pavimentación con bloques de madera se abandonó muy pronto, algunos países europeos construyeron grandes extensiones de pavimentos de adoquines de arcilla cocida, con resultados aceptables a pesar del desgaste acelerado de las piezas.

Al comenzar la reconstrucción de Europa después de la Segunda Guerra Mundial la arcilla cocida se dedicó a la construcción de vivienda, por lo que se comenzaron a fabricar, en moldes individuales, adoquines de concreto, con grandes ventajas sobre los de arcilla especialmente desde el punto de vista de la durabilidad.

Posteriormente el desarrollo en Alemania de máquinas vibro-compresoras para elaborar en serie piezas de concreto llevó a industrializar la elaboración de los adoquines, lo que permitió que este sistema de pavimentación se popularizara al comienzo en Europa y posteriormente se difundiera por el resto del mundo. En Colombia, aunque hubo alguna producción de adoquines durante los años cincuenta y sesenta, sólo después de 1975 se comenzaron a utilizar realmente los pavimentos de adoquines.

Las investigaciones y desarrollos más destacados, que le han dado al pavimento de adoquines un soporte técnico sólido, comenzaron en la década de los setenta.

En Colombia se dispone de normalización propia y de suficiente información que permite el conocimiento, diseño y construcción de pavimentos de adoquines, en igualdad de condiciones técnicas a las de otras alternativas de pavimentación con concreto o asfalto. Además, se han formulado planes amplios de pavimentación en diferentes regiones del país y se dispone de obras ejecutadas en la mayoría de los campos de aplicación de los adoquines, que son los más claros ejemplos de la versatilidad, durabilidad y bondades de este tipo de pavimentación.

### **1.3 Origen:**

La historia de los pavimentos con adoquines se inicia prácticamente con nuestra civilización. Cuando se construyeron la Vías Romanas se emplearon bloques de piedra trabajados especialmente para obtener una superficie lisa. La duración de estas vías, muchas de las cuales todavía se pueden visitar, es el mejor testimonio de la calidad de ejecución de dichos trabajos y de la factibilidad del sistema constructivo de pavimentos segmentados.

Posteriormente aparecieron las superficies para el rodamiento de vehículos constituidas por adoquines de granito, ejecutadas durante muchos años en diversos países de Europa y luego en América. Diseñado y construido apropiadamente es capaz de soportar cargas muy altas, como las existentes en puertos, aeropuertos y patios de instalaciones industriales.

Los pavimentos de adoquines también tienen ciertas limitaciones y es que debido a la rugosidad superficial que presentan no es recomendable su utilización en calles con velocidades de circulación superiores a 60-65 Km/h. Esta limitación se convierte en ventaja para calles residenciales de baja intensidad de tránsito y poca densidad de semáforos. A velocidades mayores el conductor percibe molestas vibraciones que lo obligan a disminuir la marcha.

A finales de 1920 los gobiernos de la región centroamericana concedieron más importancia a las carreteras y ampliaron antiguas veredas. En el año de 1945 se consideraba que la red vial en Centroamérica ya superaba los 40,000 kilómetros. En su gran mayoría, eran carreteras de tierra, transitables parcialmente en época seca y muy pocos caminos, quizás el 10%, tenían una cubierta de rodadura.

Anteriormente a lo indicado, los países de Centroamérica, habían iniciado sus gestiones para establecer oficinas que se encargaran de controlar el diseño, construcción, mantenimiento, atención de emergencias, control de transporte y en general, fuera el ente regulador sobre el que se definieran las políticas de desarrollo en todo lo que concierne a las carreteras y al transporte por las mismas.

La red vial centroamericana en 1960 implementó notablemente el espacio geográfico económico, lo que dio por resultado una ampliación del mercado y una protección efectiva de los productos centroamericanos frente a los provenientes del exterior. Dicho de otra manera, la red vial ha provocado una disminución apreciable de los tiempos de recorrido entre los países del área. Para el año 1970,

ya se contaba con un inventario de carreteras en Centroamérica, según su tipo de rodadura:

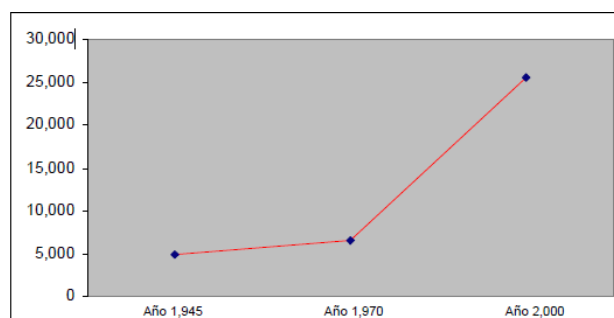
**Tabla 14: Longitud de carreteras en Centroamérica en 1970:**

Tipo de carretera	Longitud (km)
Pavimentada, superficie de asfalto y de cemento Portland	6,719
De grava, piedra o suelo estabilizado	13,901
De tierra transitable todo el tiempo	11,395
De tierra transitable en estación seca	29,499
<b>TOTAL</b>	<b>61,514</b>

Fuente: Dictamen Técnico Regional, para la preparación del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2001.

El crecimiento vial se refleja en la Figura 1, la cual desde el año de 1945, pasando por 1970, hasta el año 2000, muestra una tendencia de crecimiento respecto a las carreteras que eran recubiertas con una estructura de distribución de carga.

### **Crecimiento de carreteras con recubrimiento en su superficie del territorio centroamericano**



Fuente: Dictamen Técnico Regional, para la preparación del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2,001.

Dentro del territorio centroamericano en el año 2000, prácticamente todo el transporte se realiza por carreteras. Más de 100,000 kilómetros de carreteras de todo tipo enlazan el campo con las ciudades y complementan una infraestructura

disponible para satisfacer las necesidades de movilidad de personas y mercancías, desplazando diariamente 2.8 millones de vehículos automotores.

## 2. Terminología:

- **Sub-rasante:** Superficie que sirve como fundación del pavimento, constituida por suelo o terreno natural.
- **Sub-base:** Cuando el pavimento se construye con más de dos capas, la sub-base es la primera capa que se hace entre la sub-rasante y la base. Normalmente esta capa es de menores especificaciones que la de la base.
- **Base:** Capa de material granular que se construye entre la sub-rasante, o la sub-base, y la capa de rodadura. Hace parte integral del pavimento distribuyendo las cargas concentradas que actúan sobre el pavimento.
- **Rasante o Capa de Rodamiento:** Es la capa superior de la estructura del pavimento que está en contacto directo con el tránsito.
- **Materiales:** Los pavimentos articulados se construyen empleando básicamente tres tipos de materiales: los adoquines con los cuales se construye la capa de rodadura, la capa de arena gruesa sobre la cual se apoyan, arena fina para llenar las juntas entre adoquines, material granular de buenas especificaciones para construir la base, y material granular de menor especificación para construir la sub-base, en caso de que ésta sea necesario.
- **Adoquín:** Los adoquines son elementos macizos de concreto, arcilla cocida o piedras cortadas de forma que encajen unos con otros para poder formar una superficie continua que sirva de superficie de rodadura a un pavimento.

En esta práctica recomendada nos referiremos únicamente a los adoquines prefabricados de concreto. Los adoquines prefabricados de concreto se fabrican en concreto simple, en piezas cuyas dimensiones en planta no superan los 20 cm en los sentidos principales y con espesores variables entre 6 y 10 cm. Su forma y dimensiones están condicionadas con la posibilidad de ser manejados con la mano del operario. La forma y dimensión en planta puede presentar diferentes diseños que deben tener la característica común de

que al colocar las piezas sobre una superficie continua adosando unas con otras, éstos se acoplen perfectamente.

Para adoquinar una vía primero se debe nivelar el suelo, dejando una pendiente mayor hacia los costados para que el agua corra al alcantarillado con mayor facilidad. Es un trabajo no industrializado como ocurre con el asfalto pero es indudable el beneficio estético que produce.

- **Drenaje:** Obras que sirven para manejar las aguas que puedan afectar la estabilidad del pavimento. El drenaje busca el manejo controlado del agua que cae y corre sobre la superficie del pavimento, así como la que se infiltra en sus capas subyacentes o en el terreno natural.

### **3. Ventajas que ofrece el pavimento con adoquín:**

Los pavimentos de adoquines poseen unas características particulares que se traducen en ventajas, sobre los otros tipos de pavimento, en varios aspectos específicos:

#### ***3.1 Ventajas debidas al proceso de construcción:***

- Los adoquines que conforman la capa de rodadura son elementos prefabricados que llegan listos al lugar de la obra; por lo tanto su calidad se controla en fábrica.
- La construcción de la capa de rodadura involucra, además de la colocación de los adoquines, el llenado de las juntas y la compactación de la capa terminada. Sin embargo el de adoquines es un pavimento de muy fácil terminado, donde no intervienen procesos térmicos, químicos, ni períodos de espera.
- Debido a la sencillez del proceso constructivo, toda la estructura del pavimento se puede construir y dar al servicio en un mismo día.
- Las interrupciones en el tráfico son mínimas y se logran economías en tiempo, equipos, materiales, costos financieros y sociales; además, como se trabaja con pequeñas zonas a la vez cualquier área se puede adoquinar por etapas



todos los procesos en la construcción son sencillos y requieren de poca maquinaria con lo cual no se altera ninguna economía de escala.

- Como la labor de colocación de las piezas es fundamentalmente artesanal, se utiliza mano de obra, que, según se organice el proceso constructivo, se puede multiplicar al crear varios frentes de trabajo simultáneamente.
- Como son piezas pequeñas que no están unidas rígidamente unas con otras el pavimento de adoquines se adapta a cualquier variación en el alineamiento horizontal o vertical de la vía sin necesidad de elaborar juntas de construcción.

### **3.2 Ventajas debidas al manejo del pavimento:**

- La capa de rodadura es quizá el elemento más costoso de cualquier pavimento. Cuando se presenta una falla en los pavimentos o cuando hay que instalar o reparar las redes de servicios que van enterrados por la vía es indispensable retirar, y con esto destruir, las distintas capas del pavimento.
- Cuando se tiene un pavimento de adoquines la capa de rodadura es recuperable, pues como no van pegados unos con otros se pueden retirar y almacenar ordenadamente para reutilizarlos luego, en el mismo o en otro lugar, para la construcción de un nuevo pavimento. Esta propiedad es la que hace que el pavimento de adoquines sea especial, pues se puede reparar fácilmente y por lo tanto resulta ideal para pavimentar aquellas vías que aún no tengan completas las redes de servicios.
- El mantenimiento de los pavimentos de adoquines es muy simple. Además de la reparación de las zonas que por problemas constructivos puedan presentar algún hundimiento, el pavimento de adoquines sólo requiere que se le retire la vegetación que pueda aparecer dentro de las juntas, en aquellas zonas abandonadas o por donde no exista tráfico permanente, y del llenado, mediante barrido de arena fina, de las juntas que se hayan vaciado.
- Nunca requiere de sobre-capas para mantener un buen nivel de servicio.

### **3.3 Ventajas debidas a su apariencia:**

- Por estar conformado por muchas piezas iguales, el pavimento de adoquines induce un cierto sentido de orden en la vía. Además la existencia de las juntas entre los adoquines elimina la monotonía que presenta la superficie continua de los otros pavimentos.
- Los adoquines se pueden fabricar de diferentes colores, adicionando colorantes minerales a la mezcla y utilizando cemento gris o cemento blanco. Con algunos adoquines de color diferente al del resto, se pueden incorporar en la superficie del pavimento señales y demarcaciones tan duraderas como éste, pero que a la vez pueden ser removidas fácilmente; se pueden colorear zonas para diferenciar su utilización o incorporar dibujos decorativos.

### **3.4 Ventajas relativas a la seguridad:**

- Los pavimentos de adoquines se prestan para incorporar señales, o se pueden colocar en medio de otros pavimentos sirviendo como zonas de aviso para disminución de velocidad o zonas permanentes de velocidad restringida.
- Por su rugosidad, los pavimentos de adoquines tienen una distancia de frenada menor que otros tipos de pavimentos, lo que se traduce en seguridad tanto para los peatones como para quienes se desplazan en los vehículos.

### **3.5 Ventajas relativas a la durabilidad:**

- La calidad que se le exige a los adoquines de concreto garantiza su durabilidad, de manera que sean resistentes a la abrasión del tráfico de llantas, a la acción de la intemperie y al derrame de combustibles y aceites, lo que los hace ideales para la pavimentación de estacionamientos, estaciones de servicio, patios industriales, etc.
- Un adoquín, tiene una vida casi ilimitada.
- Puede alcanzar una vida útil de 40 años y los adoquines estar todavía en condiciones de servir por muchos más.

### **3.6 Ventajas relativas al costo de construcción:**

- La construcción de un pavimento de adoquines no requiere de mano de obra especializada.
- Para la fabricación de los adoquines y para la compactación del pavimento se utiliza maquinaria de la cual existe producción nacional de buena calidad y rendimiento.
- Los materiales que se requieren para su construcción se consiguen en cualquier lugar del país y no consume derivados del petróleo.
- El pavimento de adoquines resulta especialmente competitivo en un centro urbano pequeño o en zonas semi-rurales y rurales su costo es por lo general muy inferior al de otros tipos de pavimento.
- Toda labor, desde la fabricación de los adoquines hasta el terminado del pavimento, puede incorporar gran cantidad de recursos comunitarios y mano de obra local. Esto hace que sea realmente económica en planes de acción comunal o patrocinada por entidades de fomento.

## **4. Clasificación de los pavimentos:**

**4.1 El pavimento rígido:** se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas. Además, este se construye con una mezcla de cemento Portland y agregado grueso y fino. El espesor del pavimento puede variar de 15 a 45 cm, dependiendo del volumen de tráfico que deba soportar, y a veces se utiliza un refuerzo de acero para evitar la formación de grietas. Bajo el pavimento se emplea arena o grava fina como base para reforzarlo.

Tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años.

Las carreteras modernas se construyen en líneas casi rectas a través de campo abierto, en lugar de seguir las viejas rutas establecidas. Las áreas congestionadas

se evitan o se cruzan utilizando avenidas especiales, túneles o pasos elevados. La seguridad se ha incrementado separando el tráfico y controlando los accesos.

En las autopistas se separan los vehículos que viajan en sentidos opuestos con una mediana. Las principales características de las autopistas modernas son señales luminosas adecuadas para la conducción nocturna, amplios arcenes, carriles con distintas velocidades, carriles de subida, carriles reversibles, zonas de frenado de emergencia, carriles para autobuses, señales reflectoras, marcas en el pavimento y señales de control de tráfico, entre otras.

**4.2 Pavimento flexible:** este resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años.

Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil.

Su superficie de rodamiento está constituida por una mezcla asfáltica y cuyas características principales son:

- Su capacidad estructural es proporcionada por las capacidades de aceptación y distribución de cargas de cada una de las capas que conforman la estructura.
- Su capa de rodamiento es construida de mezcla asfáltica.
- Las variaciones pequeñas en los suelos de fundación tienen gran incidencia en la capacidad estructural del pavimento.
- Las propiedades de la mezcla, afectan, aun cuando en menor grado a la resistencia del conjunto estructural.

#### **4.2.1 Características del pavimento flexible**

El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías los esfuerzos por las cargas

del tránsito. Entre las características principales que debe cumplir un pavimento flexible se encuentran las siguientes:

➤ **Resistencia estructural**

Debe soportar las cargas impuestas por el tránsito que producen esfuerzos normales y cortantes en la estructura. En los pavimentos flexibles se consideran los esfuerzos cortantes como la principal causa de falla desde el punto de vista estructural.

Además de los esfuerzos cortantes también se tienen los producidos por la aceleración, derrape de los vehículos y esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura.

➤ **Durabilidad**

La durabilidad está ligada a factores económicos y sociales. La durabilidad que se le desee dar al camino, depende de la importancia de éste. Hay veces que es más fácil hacer reconstrucciones para no tener que gastar tanto en el costo inicial de un pavimento.

➤ **Requerimientos de conservación**

Los factores climáticos influyen de gran manera en la vida de un pavimento. Otro factor es la intensidad del tránsito, ya que se tiene que prever el crecimiento futuro.

Se debe de tomar en cuenta el comportamiento futuro de las terracerías, deformaciones y derrumbes. La degradación estructural de los materiales por carga repetida es otro aspecto que no se puede dejar de lado.

La falta de conservación sistemática hace que la vida de un pavimento se acorte.

### ➤ **Comodidad**

Para grandes autopistas y caminos, los métodos de diseño se ven afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad de proyecto. La seguridad es muy importante al igual que la estética. Los pavimentos de adoquín también llamados pavimentos articulados tienen un comportamiento similar a los pavimentos flexibles, en lo que se refiere a las propiedades de distribución de tensiones y desarrollo de deformaciones.

Por ello, el modo de falla típica de estos pavimentos es la acumulación de deformaciones permanentes, provocadas por la repetición de cargas que sobrepasan la capacidad elástica de las capas estructurales del pavimento.

### ➤ **Transmisión de esfuerzos**

En el caso de los pavimentos de adoquines, la capacidad estructural de la superficie de rodadura está dada fundamentalmente por la transmisión de esfuerzos entre elementos vecinos.

Los adoquines tienen la capacidad de transmitir las cargas superficiales aplicadas en áreas pequeñas, ampliando esta transmisión a áreas más extensas de la capa de sub-base, lo cual mantiene las presiones en la sub-rasante dentro de límites admisibles.

Es importante mencionar el hecho de que la propiedad de distribución de cargas va mejorando con el uso, produciéndose hermeticidad (estado de trabazón total), por lo cual la capa de rodado va adquiriendo mayor rigidez y los adoquines gracias a esto pasan de ser una capa de desgaste a una capa estructural.

## **5. Utilización del pavimento con adoquín:**

Los pavimentos de adoquines de concreto tienen un rango de aplicación casi tan amplio como el de los otros tipos de pavimentos. Se pueden utilizar en andenes,

zonas peatonales y plazas, donde el tráfico es básicamente peatonal; en vías internas de urbanizaciones, calles y avenidas, con tráfico vehicular que puede ir desde unos cuantos vehículos livianos, hasta gran número de vehículos pesados; en zonas de carga, patios de puertos, plataformas de aeropuertos y zonas donde se tienen cargas muy altas e inclusive tráfico de vehículos montados sobre orugas.

Este rango amplio de aplicaciones implica la necesidad de formular diseños diferentes para la estructura del pavimento según el tipo de tráfico que va a soportar y las características del suelo sobre el cual se va a construir, con variaciones en el espesor de los adoquines y en el material y espesor de la base.

Este diseño se puede elaborar con métodos apropiados que garantizan el buen desempeño y durabilidad del pavimento, lo que se refuerza con unos adecuados procedimientos y controles durante la construcción.

## **6. Análisis de resultados de diseño de pavimento<sup>5</sup>**

### ***A. CBR de diseño de Sub-rasante:***

Según el análisis realizado en los 13 sondeos a lo largo de la calle en estudio, hechos a una profundidad de 1.5m, se encontró que los suelos más predominantes son los del tipo A-7-6 y A-1-a. Tomando en cuenta estos tipos de suelos obtuvimos el C.B.R de cada uno, los cuales se muestran en la Tabla-15.

Estos valores de C.B.R fueron obtenidos según el diagrama de clasificación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes tipos de ensayos.

**Ver anexo I-5.**

---

<sup>5</sup>Guía De Diseño De Estructura De Pavimento, AASHTO 1993

**Tabla 15: C.B.R de Diseño:**

Tipo de Suelo	CBR (95%)	Número de Sondeos	Barrios Correspondientes
<b>A-7-6</b>	5	5	Alejandro Ramos - Ernesto Rosales
<b>A-1-a</b>	56	7	Ducualí - 20 de Mayo

Fuente: Elaboración Propia

En vista de que los valores C.B.R. son bastante distintos entre ellos, se procederá a realizar 2 diseños, según los tipos de suelos más predominantes de cada barrio.

### **B. Parámetros de diseño:**

**+** **Confiabilidad “R”:** Este parámetro se refiere a la probabilidad que una sección de pavimento diseñada, usando el proceso funcionaría satisfactoriamente sobre las condiciones de tráfico y del ambiente para el período de diseño seleccionado.

Según los niveles de confiabilidad recomendado en la metodología de diseño de la A.A.S.H.T.O, este valor está relacionado con la clasificación funcional de la vía, en nuestro caso se seleccionó un valor de **85%** correspondiente a una vía colectora.

**Tabla – 16: Valores de “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales.**

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD "R"	
	URBANO	RURAL
<b>Autopistas Interestatales</b>	85 - 99.9	80 - 99.9
<b>Arterias Principales</b>	80 – 90	75 - 95
<b>Colectores</b>	80 – 85	75 - 95
<b>Locales</b>	50 – 80	50 - 80

Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de pavimentos – SIECA, 2002



- ✚ **Desviación estándar “So”:** La desviación estándar global es un valor representativo de las condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

**Tabla - 17: Desviación estándar (So):**

Para pavimentos flexibles	0.40 – 0.50
En construcción nueva	0.35 – 0.40
En sobre-capas	0.50

Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de pavimentos – SIECA, 2002

En nuestro estudio tomaremos un valor de **So = 0.45** valor promedio para el diseño de pavimentos flexibles.

- ✚ **Módulo de resiliencia de la Sub-rasante “Mr”:** El módulo de resiliencia de la Sub-rasante es una medida de las propiedades elásticas de los suelos que la componen.

Para acceder a los ábacos de diseño AASHTO 93, es necesario que el valor de CBR sea traducido a Módulo de Resiliencia (Mr). Dada la información existente en el medio sobre estos ensayos, se ha empleado una correlación entre el CBR (Suelo de Sub-rasante) versus Módulo de Resiliencia.

#### **Módulos de Resiliencia de la sub-rasante:**

- ❖ Barrio Alejandro Ramos y Ernesto Rosales:

$$Mr = 1,500 \text{ CBR}$$

$$Mr = 1,500 (5)$$

$$Mr = 7,500 \text{ PSI}$$

❖ Barrio Ducualí y 20 de Mayo:

$$Mr = 4,326 \text{ Ln } (CBR) + 241$$

$$Mr = 4,326 \text{ Ln } (56) + 241$$

$$Mr = 17,654.67 \text{ PSI}$$

### **Módulo de Resiliencia de la Base:**

El Módulo de resiliencia de la base según el valor de CBR del banco de materiales El Canal es de:

$$Mr = 29,340 \text{ PSI}$$

Este valor fue calculado según el Nomograma en el Anexo III-3.

✚ **Serviciabilidad:** El índice de serviciabilidad de un pavimento, es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo.

### **Índice de serviciabilidad inicial:**

- $P_o = 4.5$  para pavimentos rígidos
- $P_o = 4.2$  para pavimentos flexibles

### **Índice de serviciabilidad final:**

- $P_t = 2.5$  o más para caminos muy importantes
- $P_t = 2.0$  para caminos de tránsito menor

Obteniéndose una pérdida de Serviciabilidad:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2 = 2.2$$

- ✚ **Cálculo del coeficiente de drenaje:** Para el cálculo del coeficiente de drenaje hay que establecer en función al tipo de drenaje y el porcentaje del tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento pueda estar expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación:

**Tabla -18: Coeficiente de drenaje para pavimentos flexibles**

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

Fuente: Guía de diseño de estructura de pavimento, AASHTO 1993

- ✚ **Coeficiente estructural o de capas:** Coeficiente de carpeta de rodamiento “a<sub>1</sub>”. La capa de rodamiento de la vía en análisis será de adoquín y su coeficiente es:

$$a_1 = 0.45$$

- ✚ **Coeficiente de capa base:** Para el cálculo del coeficiente de capa base se ha considerado utilizar el material del banco de materiales **El Canal**, que según estudios de Laboratorios de Suelo realizado en sitio el CBR del Banco resultó ser de 97.8%, catalogado como material para ser utilizado como base de muy buena calidad. Con ayuda del Nomograma para bases granulares de la AASHTO-93 y correlacionando el CBR de Base, se ha obtenido un coeficiente (Ver anexo III-2):

$$a_2 = 0.128$$

- ✚ **Cálculo de ESAL de diseño:** Se define como ESAL de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes

equivalente de una determinada carga, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- **Período de diseño:** Según la clasificación del Manual Centroamericano de Normas para el diseño Geométrico de Carreteras (SIECA), hemos considerado nuestra calle en estudio como una vía colectora suburbana siendo esta clasificación la más semejante a su clasificación funcional, por tanto, se diseñará para un periodo de 15 años.

**Tabla - 19: Períodos de diseño**

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO (Años)
<b>Autopistas</b>	20 - 40
<b>Troncales suburbanas</b>	15 – 30
<b>Troncales Rurales</b>	
<b>Colectoras Suburbanas</b>	10 – 20
<b>Colectoras Rurales</b>	

Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de pavimentos – SIECA. 2002

$$n = 15 \text{ años}$$

- **Tasa de crecimiento:**

Tomando en consideración el elevado aporte que proporciona el departamento de Jinotega a la economía del país tomamos como tasa de crecimiento la tasa promedio del Producto Interno Bruto de los últimos años, corresponde a un valor de:

$$i = 3.57\%$$

- **Tránsito de Diseño:**

En vista que el diseño de pavimento de la vía se basa tanto en el tráfico actual así como en los incrementos del tránsito que se espera utilice en la carretera durante su vida útil, resulta necesario realizar las proyecciones de tránsito futuro.

En primer lugar resulta necesario determinar el periodo de proyección del tráfico el cual está en función de la vida útil del pavimento, así como las tasas de crecimiento que se han determinado con anterioridad. El Tránsito de Diseño proyectado se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$TD = T_o * FC * FD * fc$$

Donde:

TD: Tránsito de diseño

To: Tránsito Inicial al año 0

FC: Factor de crecimiento

FD: Factor de distribución direccional

fc: Factor Carril

➤ **Factor de crecimiento (FC):**

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

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

Dónde:

FC: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento anual del tránsito (%).

n: Período de diseño (años).

365: Días del año.

Tomando como referencia el crecimiento de la tasa de Producto Interno Bruto y promediando las de los últimos 6 años nuestra tasa vehicular (i) será 3.57%.

$$FC = 365 \times \frac{(1 + 3.57\%)^{15} - 1}{3.57\%}$$

$$FC = 7,079.4 \approx 7079$$

➤ **Factor de distribución por dirección:**

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

**Tabla – 20 Factor de distribución por dirección**

Número de Carriles en ambas direcciones	LD <sup>10</sup>
2	50
4	45
6 o mas	40

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO 1993.

➤ **Factor de distribución por carril:**

Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's. para un camino de dos carriles, cualquiera de las dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. En base a lo anterior nuestra vía tendrá un factor equivalente al de un carril por una sola dirección.

**Tabla – 21 Factor de distribución por carril**

Número de Carriles por una sola dirección	Factor
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASTHO 1993.

**Tabla – 22: Tránsito de diseño.**

Tipo de vehículo <sup>6</sup>	Cantidad de Vehículos diarios	Factor de crecimiento	Factor direccional (fd)	Factor por carril (fc)	Tránsito de Diseño (TD)
Autos	829	7,079	0.5	1	2934,245.50
Jeep	66	7,079	0.5	1	233,607.00
Camionetas	850	7,079	0.5	1	3008,575.00
Micro Bus	29	7,079	0.5	1	102,645.50
Micro Bus >15P	6	7,079	0.5	1	21,237.00
Bus	8	7,079	0.5	1	28,316.00
C2	86	7,079	0.5	1	304,397.00
C3	2	7,079	0.5	1	7,079.00

Fuente: Elaboración Propia

- **ESAL de Diseño:** Se define como ESAL de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalente de una determinada carga

$$Esal\ de\ diseño\ (W_{18}) = TD \times F_{ESAL}$$

La tabla 23 nos muestra el Esal's de diseño correspondiente a esta vía, tomando en cuenta los parámetros anteriores y según el estudio de tránsito realizado. La tabla nos muestra un valor de 600,223.365 ejes equivalentes por carril de diseño.

- **Factor equivalente de carga (Factor ESA'L):** Esta variable se calcula por medio de la tabla de factores equivalentes de carga proporcionada por la AASTHO, según nuestro estudio con valores de una serviciabilidad Final "Pt" igual a 2, y asumiendo un Número Estructural de 4. El factor equivalente de

<sup>6</sup> TPDA

carga se calcula según la carga de peso por eje que circula en la vía. **Ver anexo III-4.**

En caso que la carga de peso por eje no se encuentre en la tabla de factores equivalentes de carga proporcionada por la AASTHO, para obtener el factor Esal's se debe interpolar.

**Tabla – 23: Esal's por carril de diseño:**

Cargas Equivalentes de 18 Kips de la Calle Terciaria de Jinotega							
Periodo de Diseño: 15 Años				Indice de Serviciabilidad final (Pt): 2			
Tipo de vehículo	Peso por eje (LBS)	Tipo	Cantidad de Vehiculos diarios	Factor de crecimiento	Tránsito de Diseño	ESAL's Factor	ESAL's de diseño
						SN=4	SN=4
Autos	2200	Simple	829	7,079	5868,491.00	0.00038	2,230.027
	2200	Simple				0.00038	2,230.027
Jeep	2200	Simple	66	7,079	467,214.00	0.00038	177.541
	2200	Simple				0.00038	177.541
Camionetas	2200	Simple	850	7,079	6017,150.00	0.00038	2,286.517
	4400	Simple				0.0036	21,661.740
Micro Bus	4400	Simple	29	7,079	205,291.00	0.0036	739.048
	8800	Simple				0.0538	11,044.656
Micro Bus >15P	8800	Simple	6	7,079	42,474.00	0.0538	2,285.101
	17600	Simple				0.9224	39,178.018
Bus	11000	Simple	8	7,079	56,632.00	0.134	7,588.688
	22000	Simple				2.31	130,819.920
C2	9900	Simple	86	7,079	608,794.00	0.0824	50,164.626
	19800	Simple				1.495	910,147.030
C3	11000	Simple	2	7,079	14,158.00	0.134	1,897.172
	35200	Tándem				17.58	248,897.640
<b>Esal's de Diseño</b>							<b>1200,466.731</b>
<b>Factor Direccional</b>							<b>0.50</b>
<b>Factor por Carril</b>							<b>1.00</b>
<b>Esal's por carril de diseño (W18)</b>							<b>600,233.366</b>

Fuente: Elaboración propia



### **C. Espesor de estructura de pavimento (método A.A.S.T.H.O):**

A. Datos de diseño I: Alejandro Ramos y Ernesto Rosales

Índice de Confiabilidad: 85%

Índice de Servicio Inicial: 4.2

Índice de Servicio Final: 2

Pérdida de Servicio de Diseño: 2.2

Desviación Estándar  $S_o$ : 0.45

C.B.R de Banco (%): 97.8

C.B.R de Sub-Rasante (%): 5

Módulo de Resiliencia,  $M_r$ : 7,500 PSI

Período de Diseño en años: 15 años

Número de Ejes Equivalentes:  $0.600 \times 10^6$  millones

#### **Números Estructurales Calculado<sup>7</sup>:**

$$SN = 2.96$$

#### **Dónde:**

SN: Número Estructural = 2.96

a1: Coeficiente de Carpeta (Adoquín) = 0.45

a2: Coeficiente de Base = 0.137

D1: Espesor de Adoquín = 10 cm

D2: Espesor de la Base =?

Si el Espesor del Adoquín es de 10 cm = 4"

---

<sup>7</sup> Numero estructural de diseño se calcula con el NomogramaVer anexo III-6

$$SN = \frac{a_1 * D_1}{2.54} + a_2 * D_2 \quad D_2 = ?$$

$$2.96 = 0.45 * 4" + 0.137 * D_2$$

$$2.96 = 1.8 + 0.137 * D_2$$

$$D_2 = \frac{2.96 - 1.8}{0.137}$$

$$D_2 = 8.47 \text{ pulg} \approx 9 \text{ pulg}$$

Valores Mínimos Requeridos  $SN_1^*$  y  $SN_2^*$ :

❖ Carpeta:

$$SN_1^* = a_1 * D_1$$

$$SN_1^* = 0.45 * 4" = 1.8$$

❖ Base:

$$SN_2^* = a_2 * D_2$$

$$SN_2^* = 0.137 * 9" = 1.233$$

Verificando:

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN$$

$$1.8 + 1.233 \geq 2.96$$

$$3.033 \geq 2.96$$

**Conclusiones del Diseño I:**

Capa	Espesor (pulgadas)
Adoquín	4
Arena	2
Base	9

Fuente: Elaboración Propia.

## - Sección Típica de pavimento con adoquín



B. Datos de diseño II: Barrio Ducualí y 20 de Mayo

Índice de Confiabilidad: 85%

Índice de Servicio Inicial: 4.2

Índice de Servicio Final: 2

Pérdida de Servicio de Diseño: 2.2

Desviación Estándar  $S_o$ : 0.45

C.B.R de Banco (%): 97.8

C.B.R de Sub-Rasante (%): 56

Módulo de Resiliencia,  $M_r$ : 17,654.67 PSI

Período de Diseño en años: 15 años

Número de Ejes Equivalentes:  $0.600 \times 10^6$  millones

**Números Estructurales Calculado<sup>8</sup>:**

$$SN = 2.17$$

**Dónde:**

SN: Número Estructural = 2.17

<sup>8</sup> Numero estructural de diseño se calcula con el Nomograma **Ver anexo III-7**

$a_1$ : Coeficiente de Carpeta (Adoquín) = 0.45

$a_2$ : Coeficiente de Base = 0.137

$D_1$ : Espesor de Adoquín = 10 cm

$D_2$ : Espesor de la Base = ¿?

Si el Espesor del Adoquín es de 10 cm = 4"

$$SN = \frac{a_1 * D_1}{2.54} + a_2 * D_2 \quad D_2 = ?$$

$$2.17 = 0.45 * 4" + 0.137 * D_2$$

$$2.17 = 1.8 + 0.137 * D_2$$

$$D_2 = \frac{2.17 - 1.8}{0.137}$$

$$D_2 = 2.7 \text{ pulg} \approx 3 \text{ pulg}$$

Valores Mínimos Requeridos  $SN_1^*$  y  $SN_2^*$ :

❖ Carpeta:

$$SN_1^* = a_1 * D_1$$

$$SN_1^* = 0.45 * 4" = 1.8$$

❖ Base:

$$SN_2^* = a_2 * D_2$$

$$SN_2^* = 0.137 * 3" = 0.411$$

Verificando:

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN$$

$$1.8 + 0.411 \geq 2.17$$

$$2.21 \geq 2.17$$

### Conclusiones del Diseño II:

Capa	Espesor (pulgadas)
<b>Adoquín</b>	4"
<b>Arena</b>	2"
<b>Base</b>	6"

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se consideró la base de 6 pulgadas según la norma de espesores mínimos sugeridos por el Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos. (Ver anexo III-8).

### Sección Típica de Pavimento con Adoquín:



## **Capítulo IV: Alcantarillado Sanitario**

### **1. Aspectos Generales**

#### **1.1 Definición:**

Se llama alcantarillado sanitario a la red de tuberías que pasa por debajo de las calles para recolectar y conducir las aguas residuales municipales a su punto de tratamiento. El alcantarillado sanitario tiene la función de transportar las excretas y lodos hasta el lugar donde se realiza el tratamiento para que el agua una vez tratada llegue a las fuentes con el mínimo porcentaje de contaminación.

La red de alcantarillado se considera un servicio básico, sin embargo la cobertura de estas redes es ínfima en relación con la cobertura de las redes de agua potable. Esto genera importantes problemas sanitarios, sin embargo durante mucho tiempo, la preocupación de las autoridades municipales o departamentales estuvo más ocupada en construir redes de agua potable, dejando para un futuro indefinido la construcción de las redes de alcantarillado.

Las redes de alcantarillado son estructuras hidráulicas que funcionan, por gravedad. Sólo muy raramente, y por tramos breves, están constituidos por tuberías que trabajan bajo presión o por vacío. Normalmente están constituidas por canales de sección circular, oval o compuesta, enterrados la mayoría de las veces bajo las vías públicas.

#### **1.2 Aguas residuales**

El término agua residual define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales. Los materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos; sin embargo, si el material que debe ser eliminado es de naturaleza orgánica, el tratamiento implica usualmente actividades de microorganismos que oxidan y convierten la materia orgánica en  $\text{CO}_2$ , es por esto que los tratamientos de las aguas de desecho son procesos en los cuales los microorganismos juegan papeles cruciales

El tratamiento de las aguas residuales da como resultado la eliminación de microorganismos patógenos, evitando así que estos microorganismos lleguen a ríos u otras fuentes de abastecimiento. Específicamente el tratamiento biológico de las aguas residuales es considerado un tratamiento secundario ya que éste está ligado íntimamente a dos procesos microbiológicos, los cuales pueden ser aerobios y anaerobios.

El tratamiento secundario de las aguas residuales comprende una serie de reacciones complejas de digestión y fermentación efectuadas por un huésped de diferentes especies bacterianas, el resultado neto es la conversión de materiales orgánicos en  $\text{CO}_2$  y gasmetano, este último se puede separar y quemar como una fuente de energía.

Debido a que ambos productos finales son volátiles, el efluente líquido ha disminuido notablemente su contenido en sustancias orgánicas. La eficiencia de un proceso de tratamiento se expresa en términos de porcentaje.

### 1.3 Conexión de alcantarillado

El conjunto de tuberías y accesorios que recogen y conducen las aguas residuales de las viviendas, son conectadas a una caja colectora interdomiliar, está a su vez se conecta a una caja de inspección domiciliar, llamada también caja de registro que es una cámara localizada en el límite de la red pública de alcantarillado y la propiedad privada; ubicada al inicio de la acometida del alcantarillado, fuera de la vivienda, libre del tráfico vehicular, situada al exterior de nuestra vivienda a 40cm del muro de fachada y a mínimo 1.50m de la conexión de agua potable, la caja de registro debe medir 60 x 60 cm y a ella se conecta el sistema de tubería de evacuación de los domicilios. La caja está conectada a la red de alcantarillado sanitario mediante una tubería que generalmente es de 10cm (4 pulgadas) de diámetro para vivienda unifamiliar.

Una vez que la tubería domiciliar ha sido conectada a la caja de registro de cada vivienda pasa a un colector secundario y este a su vez se conecta a la red colectora principal, mediante tuberías de diferentes diámetros según la importancia del caudal que reciben, la cual es la encargada de conducir las aguas residuales o negras a la planta de tratamiento.

## 2. Clasificación de las redes de alcantarillado sanitario:

Los alcantarillados pueden formar sistemas de dos grandes tipos:

- **Redes unitarias:** las que se proyectan y construyen para recibir en un único conducto, mezclándolas, tanto las aguas residuales (urbanas e industriales) como las pluviales generadas en la cuenca o población drenada
  
- **Redes separativas:** las que constan de dos canalizaciones totalmente independientes; una para transportar las aguas residuales domésticas, comerciales e industriales hasta la estación depuradora; y otra para conducir las aguas pluviales hasta el medio receptor.



Desde mediados del siglo XX empezaron a construirse redes separativas, tras la aparición de los primeros sistemas de depuración, y con base en los siguientes argumentos:

- La separación reduce los costos de depuración y simplifica los procesos, puesto que el caudal tratado es menor y, lo que es incluso más importante, más constante.
- La separación reduce la carga contaminante vertida al medio receptor por los episodios de rebosamiento del alcantarillado unitario.

Siendo correctos los argumentos anteriores, existen también una serie de inconvenientes del alcantarillado separativo que desde finales de los años 1990 están reduciendo su uso, incluso en redes de nueva implantación tal como que:

- Debe existir un estricto control de vertidos para evitar que se acometan caudales residuales a la red de pluviales y viceversa. Esto redundaría en una explotación más compleja y costosa de la red.
- El coste de instalación es, evidentemente, muy superior, en un rango de entre 1,5 y 2 veces la red unitaria equivalente.
- Las aguas pluviales urbanas no son aguas limpias, sino que están fuertemente contaminadas, por lo que su vertido directo al cauce puede generar una contaminación apreciable.
- La separación completa implica redes interiores separativas en los edificios, con duplicación de las bajantes. En este frente los problemas de control y los sobrecostos de instalación son aún mayores que en la red viaria.

- La red de residuales de una red separativa no se beneficia de la auto-limpieza de los conductos en tiempo de lluvia, por lo que puede llegar a ser necesaria la descarga de caudales de agua limpia por la red, anulando sus ventajas de ahorro y eficiencia.

## **2.1 Componentes del sistema las redes de alcantarillado. Constan de las siguientes partes:**

- Conexión domiciliaria.
- Colectores.
- Registros de limpieza e inspección y cajas de visita.

**2.1.1 Conexión domiciliar:** Esta conexión se coloca a la entrada del tanque interceptor. Por ella entran al sistema todos los desechos domésticos; deben excluirse las aguas lluvias y los desechos sólidos. El diámetro de estos colectores es de 100 mm.

**2.1.2 Colectores:** Son tubos de cloruro de polivinilo (PVC) de pequeño diámetro (mínimo 150mm o 6") que se entierran a una profundidad suficiente para recolectar las aguas sedimentadas.<sup>9</sup>

A diferencia de los colectores convencionales, estos no se colocan necesariamente sobre un gradiente uniforme con alineamiento recto entre los registros de limpieza e inspección.

Como no transportan sólidos, permite la existencia de tramos de la tubería que funcionan adecuadamente, aún bajo presión, con pendientes positivas o negativas, siempre que la presión en las tuberías no provoque el reflujó de los desagües hacia las fosas sépticas conectadas al tramo. No es necesario considerar la pendiente y velocidad mínimas y máximas porque el líquido está libre de sólidos; por lo tanto, las tuberías pueden seguir la topografía del terreno,

---

<sup>9</sup> Guías Técnica para Alcantarillado Cap. 5

aprovechando al máximo la energía resultante de la diferencia de cotas entre aguas arriba y aguas abajo.

Los colectores podrán trazarse por las zonas verdes o peatonales, para disminuir los riesgos por cargas vivas debidas al tráfico vehicular, con lo cual se disminuyen las excavaciones.

**2.1.3 Registros de limpieza e inspección y cajas de visita:** Los registros de limpieza e inspección y las cajas de visita permiten el acceso a los colectores para su inspección y mantenimiento. En muchas circunstancias se prefieren los registros de limpieza antes que las cajas de visita porque cuestan menos y pueden sellarse herméticamente; se evitan así la mayor parte de la infiltración y arena que comúnmente ingresan a través de las paredes y tapas de las cajas de visita.

Las cajas de visita se recomiendan en los encuentros principales de los colectores, en cambios muy bruscos de dirección, o en sitios donde es difícil construir un registro, por tener muy profunda la tubería.

Los registros de inspección y limpieza deben estar dispuestos en las cabeceras de la red, en el cruce de dos o más colectores, en cambios muy bruscos de dirección, en los puntos altos para evitar la acumulación de gases y en tramos rectos cada 200 m.

La características de la tubería de PVC para Alcantarillado Sanitario es que su fabricación es de campana tipo RIEBER o tipo ANGER en uno de sus extremos y el otro es terminación espiga, se puede conectar con cualquier conexión de sistema métrico la más recomendada sería la conexión alcantarillada métrica fabricada o inyectada de campana y anillo, esta es compatible con la línea sanitaria ya que ambos sistemas son métricos, esto facilita la instalación a los albañiles y su interconexión con el sistema de alcantarillado fuera del mismo sin necesidad de adaptadores. Se fabrica en dos series, SERIE - 25 para uso de drenaje en general en poblaciones y ciudades de tráfico normal y SERIE - 20 para

uso de drenajes en zonas en donde el peso volumétrico del material de relleno sea igual o mayor a 2,000 kg/m<sup>3</sup>.

### **3. Clases de tuberías:**

**3.1 Tuberías de asbesto cemento:** El nombre “asbesto” o “amianto” se refiere a una familia de fibras minerales que poseen una combinación única de propiedades, tales como la resistencia al fuego y al calor, la resistencia química (particularmente a los ácidos), la resistencia mecánica, la flexibilidad y las buenas características físicas.

Es claro que la inhalación del asbesto es dañino a los humanos; él puede causar enfermedades pulmonares así como inducir el cáncer del pulmón. Sin embargo, la información corriente no es concluyente en cuanto al riesgo a la salud asociado con la ingestión del asbesto.

**3.2 Tubería de concreto:** Se fabrica con concreto de la más alta calidad. Los diámetros disponibles desde 15 centímetros. Se diseña en base a grados caracterizados por la resistencia del tubo al aplastamiento. Las propiedades del tubo de concreto no se ven afectadas por temperaturas ambientales.

**3.3 Tubería de acero y hierro dulce:** Se utiliza para altas presiones y temperaturas, generalmente transporta agua, vapor, aceites y gases. Esta tubería se especifica por el diámetro nominal, el cual es siempre menor que el diámetro interior (DI) real de la tubería. De manera general tiene tres clases: “estándar” (Schedule 40), extrafuerte (Schedule 80) y doble extrafuerte.

**3.4 Tuberías de hierro fundido:** Este tipo de tuberías se instala frecuentemente bajo tierra para transportar agua, gas y aguas negras (drenaje); aunque también se utiliza para conexiones de vapor a baja presión. Los acoplamientos de tuberías de hierro fundido generalmente son del tipo de bridas o del tipo campana.

**3.5 Tuberías sin costura de latón y cobre:** Estas se usan extensamente en instalaciones sanitarias debido a sus propiedades anticorrosivas. Tienen el mismo diámetro nominal de las tuberías de acero y hierro, pero el espesor de sus paredes es menor.

**3.6 Tuberías de cobre:** Se usan en instalaciones sanitarias y de calefacción en donde hay que tener en cuenta la vibración y el desalineamiento como factores de diseño, por ejemplo en diseño automotriz, hidráulico y neumático

**3.7 Tuberías plásticas:** Estas tuberías se usan extensamente en industria química debido a su resistencia a la corrosión y a la acción de sustancias químicas. Son flexibles y se instalan muy fácilmente pero no son recomendables para instalaciones en donde haya calor o alta presión. Dentro de este grupo se encuentran:

- **Tubería de cloruro de polivinilo o PVC:** Es un plástico blanco o gris rígido que se usa en las líneas de desechos sanitarios, tuberías de ventilación, y trampas de desagüe para aplicaciones domésticas y comerciales. La tubería de PVC se corta fácilmente con una sierra de arco o un cortador de tubería. Las secciones luego se unen mecánicamente usando sujetadores de presión hechos de plástico para luego quitarse, o unidas permanentemente usando un solvente químico especial.

- **Tubería PVC RibLoc:** son de PVC rígido conformado helicoidalmente con un perfil que presenta pared interior lisa y pared exterior con rigidizadores en forma de “T”, ideal para un buen agarre del PVC al hormigón.

Los tubos y accesorios de PVC Rib-Loc están diseñados y garantizados para el uso en Alcantarillado como:

- Sistema para recolección
- Conducción y disposición final de aguas residuales y/o de las aguas de lluvia.
- Para la rehabilitación de tuberías en alcantarillados existentes.

#### 4. Tabla 24: Cuadro comparativo de costo-eficiencia de tipo de tuberías

N°	Descripción de la tubería	Costo del Material	Instalación	Mantenimiento	Durabilidad
1	Tubería de Asbesto-Cemento	5	5	2	4
2	Tubería de Concreto	5	5	2	4
3	Tubería de Acero y Hierro Dulce	5	5	2	4
4	Tuberías de Hierro Fundido	4	4	2	4
5	Tuberías sin Costura de Latón y Cobre	3	3	3	2
6	Tuberías de Cobre	3	3	3	2
7	Tuberías Plásticas	2	1	4	3

##### 4.1 Descripción de los rangos evaluados:

- ❖ **Costo del material:** 5 es lo más caro y 1 lo más barato
- ❖ **Instalación:** 5 tiene más costo de mano de obra y 1 menos costo de mano de obra.
- ❖ **Mantenimiento:** 5 al cual se le tiene que dar más mantenimiento a la tubería y 1 menos mantenimiento.
- ❖ **Durabilidad:** 5 la que se puede instalar para más tiempo y 1 este se instala para menos tiempo.

Analizando el cuadro comparativo logramos observar que la tubería más viable en términos de costo-eficiencia son las tuberías plásticas.

## **5. Caudal de aguas residuales:<sup>10</sup>**

Para fines de conocimiento es necesario recopilar la información básica del sistema a rehabilitar considerando que este cumple con los parámetros y datos que norman LAS GUÍAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

### **5.1 Elementos considerados en el diseño sanitario a rehabilitar.**

El plan del sistema de tuberías existente, proporcionado por ENACAL – Jinotega se rige bajo las guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario, de cual se consideraron los siguientes elementos:

#### **❖ Período de diseño:**

El período de diseño se estima en base a factores que inciden en la capacidad y buen funcionamiento del sistema, estos factores son:

- Vida útil de los elementos que componen el sistema
- Tasa de crecimiento de la población
- Capacidad de población del área de estudio.
- Funcionamiento del sistema en sus primeros años de vida.
- Posibilidad de Financiamiento y tasas de interés.

Cuando se trata de diseñar un sistema de alcantarillado sanitario, es obligatorio fijar la vida útil de todos los componentes del sistema; debe definirse hasta qué punto estos componentes pueden satisfacer las necesidades futuras de la localidad; qué partes deben considerarse a construirse en forma inmediata y cuáles serán las previsiones que deben de tomarse en cuenta para incorporar nuevas construcciones al sistema. Para lograr esto en forma económica, es necesario fijar los períodos de diseño para cada componente del sistema. El contenido de la tabla siguiente debe considerarse normativo para éstos aspectos:

---

<sup>10</sup> Guía Técnica de INAA Cap 3, Pág. 14

**Tabla – 25 Periodo de diseño según tipo de estructura.**

PERÍODO DE DISEÑO ECONÓMICO PARA LA ESTRUCTURAS DE LOS SISTEMAS		
Tipo de estructuras	Características especiales	Período de diseño/años
Colectores principales Emisarios de descarga	Difíciles y costosos de agrandar	10 a 50
Tuberías secundarias hasta $\phi$ 375 mm		25 o más
Plantas de tratamiento de aguas servidas	Pueden desarrollarse por etapas. Deben considerarse las tasas de interés por los fondos a invertir.	10 a 25
Edificaciones y estructuras de concreto.		50
Equipos de bombeo:		
a) De gran tamaño		15 a 25
b) Normales		10 a 15

Fuente: Guías Técnicas Para El Diseño De Alcantarillado - ENACAL

Según la estructura de nuestro sistema el periodo de diseño del sistema a rehabilitar es de 25 años a más, tomando en cuenta que este sistema de tuberías fue diseñado para muchos años y que el uso del mismo no presenta variación en términos de demanda, sin embargo las tuberías han cumplido con su vida útil por lo cual es necesaria la rehabilitación o cambio de tuberías.

#### ❖ **Demanda poblacional.**

Es necesario tener conocimiento del número de personas que se verán beneficiadas con la rehabilitación de este sistema.

Tomando en cuenta el último censo realizado por INIDE EN EL AÑO 2005 el promedio de persona por vivienda en la ciudad de Jinotega es de 4.9. Como lo muestra la siguiente tabla.



Tabla – 26 Censo poblacional ciudad de Jinotega, promedio de personas por viviendas.

VIVIENDAS PARTICULARES OCUPADAS, POBLACIÓN Y PROMEDIO DE PERSONAS POR VIVIENDA, SEGÚN ÁREA DE RESIDENCIA Y MUNICIPIO. CENSO DE 1995 Y 2005.						
Área de Residencia y Municipio	Censo 1995			Censo 2005		
	Viviendas Particulares Ocupadas	Población	Promedio de Personas por Vivienda	Viviendas Particulares Ocupadas	Población	Promedio de Personas por Vivienda
<b>LA REPÚBLICA</b>	<b>751 637</b>	<b>4 345 954</b>	<b>5.8</b>	<b>978 335</b>	<b>5 124 891</b>	<b>5.2</b>
<b>Jinotega</b>	<b>38 612</b>	<b>243 488</b>	<b>6.3</b>	<b>59 532</b>	<b>329 273</b>	<b>5.5</b>
Wiwili de Jinotega	6 011	38 068	6.3	9 992	57 434	5.7
El Cuá	4 380	31 850	7.3	7 450	43 058	5.8
San José de Bocay	3 379	25 735	7.6	6 840	41 992	6.1
Santa María de Pantasma	4 579	29 705	6.5	6 650	37 860	5.7
San Rafael del Norte	2 277	14 002	6.1	3 288	17 703	5.4
San Sebastián de Yalí	3 203	20 226	6.3	5 020	26 879	5.4
La Concordia	1 228	7 032	5.7	1 370	6 486	4.7
Jinotega	13 555	76 870	5.7	18 922	97 861	5.2
<b>Urbano</b>	<b>8 171</b>	<b>45 744</b>	<b>5.6</b>	<b>14 187</b>	<b>70 658</b>	<b>5.0</b>
Wiwili de Jinotega	445	2 669	6.0	1 347	6 658	4.9
El Cuá	397	2 571	6.5	700	3 527	5.0
San José de Bocay	64	468	7.3	701	3 845	5.5
Santa María de Pantasma	381	2 197	5.8	934	4 824	5.2
San Rafael del Norte	545	3 010	5.5	940	4 944	5.3
San Sebastián de Yalí	492	2 832	5.8	916	4 408	4.8
La Concordia	240	1 405	5.9	329	1 490	4.5
Jinotega	5 607	30 592	5.5	8 320	40 962	4.9
<b>Rural</b>	<b>30 441</b>	<b>197 744</b>	<b>6.5</b>	<b>45 345</b>	<b>258 615</b>	<b>5.7</b>
Wiwili de Jinotega	5 566	35 399	6.4	8 645	50 776	5.9
El Cuá	3 983	29 279	7.4	6 750	39 531	5.9
San José de Bocay	3 315	25 267	7.6	6 139	38 147	6.2
Santa María de Pantasma	4 198	27 508	6.6	5 716	33 036	5.8
San Rafael del Norte	1 732	10 992	6.3	2 348	12 759	5.4
San Sebastián de Yalí	2 711	17 394	6.4	4 104	22 471	5.5
La Concordia	988	5 627	5.7	1 041	4 996	4.8
Jinotega	7 948	46 278	5.8	10 602	56 899	5.4

Fuente: Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE).

El total de viviendas entre los barrios que comprenden el tramo a rehabilitar es de 242 viviendas lo que equivale aproximadamente a 1186 personas que se benefician de este sistema sanitario.

### ❖ **Caudal de diseño del sistema**

La cantidad de aguas negras, depende de la población servida con agua potable y de la fracción de agua consumida que se vierte en el sistema de saneamiento. Es menor que la cantidad de agua suministrada a causa de pérdidas en las tuberías, riego de jardines, agua consumida en los procesos industriales y consumo no descargado.

La cantidad de agua varía de estación a estación, de día a día, y de hora a hora; de allí que existen 3 tipos de aportes: el promedio, el mínimo y el máximo.

- ❖ **Caudal promedio:** Bajo este concepto se consideran los aportes señalados en las Normas Técnicas del ENACAL. El gasto medio de aguas residuales domésticas se deberá estimar igual al 80% de la dotación del consumo de agua.

$$Q_m = \text{Dotacion} \times \text{Población} \times 0.80$$

- ❖ **Caudal mínimo:** Para la verificación del gasto mínimo en las alcantarillas se deberá aplicar la siguiente relación:

$$Q_{\min} = \frac{1}{5} Q_m$$

- ❖ **Caudal máximo:** El gasto máximo de aguas residuales domésticas se deberá determinar utilizando el factor de relación de Harmon.

$$Q_{\max} = \left[ 1 + \frac{14}{4 + P^{1/2}} \right] Q_m$$

$Q_{\max}$  = Gasto máximo de aguas residuales domésticas.

$P$  = Población servida en miles de habitantes.

$Q_m$  = Gasto medio de aguas residuales domésticas.

- ❖ **Caudal de infiltración:**

Para tuberías con juntas de mortero se les deberá asignar un gasto de 10,000 L/ha/día.

Para tuberías con juntas flexibles se les deberá asignar un gasto de 5000 L/ha/día.

Para tuberías plásticas 2L/hora/100 m de tubería y por cada 25 mm de diámetro.

$$Q_{inf} = \frac{5000L}{\frac{ha}{dia}} \times 2077 ha$$

Finalmente se establece el caudal de diseño:

$$Q_d = Q_{m\acute{a}x} + Q_{inf}$$

El caudal promedio correspondiente a este sistema de tuberías proporcionado por ENACAL es de 95 m<sup>3</sup>/día el cual va a desembocar a la planta de tratamiento LA CONCHITA.

## 6 Análisis de resultados de rehabilitación de alcantarillado sanitario.

### **Descripción**

Para la rehabilitación de las tuberías de la calle terciaria de la ciudad de Jinotega, es necesario realizar una serie de actividades ya sea con equipo pesado o actividades contratando mano de obra.

Para el desarrollo y una mejora en la conexión de las redes residuales debe de tener las siguientes características tales como:

- **Limpieza:** Consiste en el retiro de árboles pequeños, arbustos, maleza y todo lo que obstaculice la elaboración del trazo. Esta partida ha sido considerada únicamente para los colectores primarios que transportan las aguas residuales a la planta de tratamiento. La cantidad de obra ha sido obtenida en metros lineales tomando en cuenta el alineamiento de los colectores.

- **Trazo y nivelación:** para la construcción de la red se ha considerado utilizar un aparato de medición topográfica ya se Estación Total o Nivel de precisión, con la finalidad de ser más precisos y agilizar la ejecución del proyecto. La cantidad de obra será medida en metros lineales obteniendo para cada una de las calles y avenidas.
  
- **Trazos para pozos de visita:** consiste en el trazo de todos los elementos necesarios para la construcción de los pozos de registros. La cantidad de obra será medida por cada pozo trazado.  
Según la Normativa de Alcantarillado Sanitario elaborada por INAA como ente regulador, estos pozos de visita deben cumplir con los siguientes parámetros:
  - El material de la tubería es PVC, polietileno u otro material que cumpla con las especificaciones técnicas.
  
- **Desadoquinado:** Consiste en la acción de quitar todos los adoquines que se encuentren a lo largo y ancho de la zanja trazada, además de la ubicación temporal para su posterior colocación. La cantidad de obra serán 7500 m<sup>2</sup>, obtenidas de las diferentes calles y avenidas de la ciudad.
  
- **Adoquinado:** El adoquinado involucra la utilización de los adoquines que fueron retirados con fines de excavar las zanjas y pozos donde se ubicará el alcantarillado. El costo total de esta partida incluye la compra y colocación de una base de arena de espesor de 5 cm. La cantidad de obra es medida en metros cuadrados.
  
- **Excavación con retroexcavadora:** La utilización de éste equipo se encuentra limitado a las zanjas y con una profundidad no mayor a 1.50 mts. Considerando el tipo de suelo existente en el lugar, la maquinaria trabajará con un rendimiento de 15.43 mts<sup>3</sup> / hora. La cantidad de obra serán 4875 m<sup>3</sup> de excavación.

- **Compactación con material selecto para zanjas:** Las consideraciones tomadas para la realización de éstas partidas han sido las siguientes: El área transversal de material selecto a compactar. Las cantidades de obras serán medidas en metros cúbicos.
- **Compactación con material existente:** Una vez colocada la tubería y compactado el área de protección de la misma, se procederá a la compactación con material existente hasta el nivel base del diseño. Las cantidades de obra son medidas en metros cúbicos.
- **Suministro y colocación de tubería:** Aquí se toma en cuenta el costo del tubo de PVC y pegamento para el acople en uniones, mano de obra para la colocación, así como el costo de material y mano de obra para el encamado de arena.- La cantidad de obra se determina por metros lineales.
- **Desalojo de material sobrante:** En esta partida se contempla el retiro del material sobrante como resultado de las excavaciones.

## **6.1. Ventajas y desventajas de tuberías a utilizar en la rehabilitación.**

### **6.1.1 Tuberías PVC**

#### **Ventajas:**

- ❖ **Coefficiente de fricción:** En la superficie interior de la Tubería de PVC las pérdidas por fricción son menores respecto a las demás tuberías, dando como resultado menores pendientes en el diseño, ahorrando así en costos de excavación y relleno. Lo anterior es un punto primordial cuando nos enfrentamos a suelos muy duros.

- ❖ **Flexibilidad:** La Tubería PVC soporta mejores deformaciones propias del terreno como asentamientos, además tiene una excelente capacidad frente a las deformaciones sin perder hermeticidad.
- ❖ **Hermeticidad:** Ofrece tanto hermeticidad y flexibilidad en las uniones de las descargas como en los pozos de visita, asegurando con esto que no existiera en el sistema infiltraciones las cuales repercuten en la contaminación de los mantos acuíferos.
- ❖ **Vida útil:** La Tubería de PVC no es afectada por la agresividad de los suelos, no permite la entrada de raíces y las sustancias propias de un drenaje de alcantarillado. En la mayoría de sus aplicaciones tiene una larga vida útil, superior a 50 años en el caso de las tuberías.
- ❖ **Instalaciones:** Debido a su ligereza en peso, facilidad de corte y rapidez de instalación no se requiere de herramientas especializadas es por eso que este tipo de tubería ha venido a sustituir las que se usaban antes (Tuberías Metálicas y Asbesto Cemento). Estas Tuberías no se oxidan, ni se ven afectadas por los cambios de temperatura, además son fáciles de desmontar y limpiar en caso que se obstruya.

#### **Desventajas:**

- ❖ Una de las materias primas para la fabricación del PVC es el dicloro etano, DCE, el cual, es sumamente peligroso: Cancerígeno, induce defectos de nacimiento, daños en los riñones y otros órganos, hemorragias internas y trombos.
- ❖ Altamente inflamable, puede explotar produciendo cloruro de hidrógeno y fosgeno (dos de los gases que pueden causar accidentes como el de Bhopal).

#### **6.1.2 Tuberías Rib-Loc**

## Ventajas

- ❖ Única tubería flexible para alcantarillado fabricada en PVC.
- ❖ Facilidad en el manejo durante el cargue, transporte, descargue y almacenamiento por su bajo peso.
- ❖ Tubería para alcantarillados con un amplio rango de diámetros.
- ❖ Alta resistencia a efectos corrosivos y abrasivos disminuyendo los costos de mantenimiento y prolongando la vida útil de los proyectos.
- ❖ Alto rendimiento durante el proceso de instalación disminuyendo costo y tiempo.
- ❖ Fácil instalación aun en lugares de muy difícil acceso.
- ❖ Mayor relación beneficio costo con respecto a otros sistemas en alcantarillados

## Desventajas

- ❖ Para su ensamblaje se requiere mano de obra especializada.
- ❖ Debido a su forma de ensamblaje se obtienen bajo rendimientos de instalación.
- ❖ Su baja resistencia a los agentes químicos hace que generalmente se deba colocar con un revestimiento asfáltico interior y exterior.
- ❖ Su principal falla se da por oxidación de sus remaches, este tipo de falla implica generalmente la restitución total de la alcantarilla.
- ❖ El material tiene una vida útil promedio de 5 a 10 años.

## 7 Presupuesto para la rehabilitación de tuberías

**Tabla – 27: Presupuesto para rehabilitación de tuberías (Moneda Nacional)**

PRESUPUESTO REHABILITACION DE TUBERIAS CALLE TERCARIA DE JINOTEGA							
COD-ETAPA	ETAPA	COD-SUBETAPA	SUBETAPA	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
01000	PRELIMINARES	01001	Trazo y Nivelacion	C/U	40.00	58.18	2,327.31
02000	EXCAVACION DE TUBERIAS	02001	Excavacion	M <sup>3</sup>	2,875.09	1,854.75	5332,574.60
03000	INSTALACION DE TUBERIAS SANITARIAS PVC	03001	Instalacion de tuberias PVC	ML	1,084.00	3,392.38	3677,344.45
04000	INSTALACION DE TUBERIAS SANITARIAS RIB LOC	04001	Instalacion de tuberias RIB LOC	ML	1,600.00	3,247.25	5195,601.73
05000	ELABORACION DE CAJAS DE REGISTRO	05001	Elaboracion de cajas de registro	M <sup>2</sup>	225.00	967.01	217,577.77
06000	RELLENO Y COMPACTACION	06001	Relleno y Compactacion	M <sup>3</sup>	2,693.86	56.88	153,229.16
07000	DESALOJO DE MATERIAL SOBRENTE	07001	Desalojo de tierra sobrante	M <sup>3</sup>	181.23	20.52	3,718.44
08000	CARPETA DE ADOQUIN	08001	Quitar y colocar adoquin	M <sup>2</sup>	7,500.00	77.36	580,169.21
09000	LIMPIEZA GENERAL	06001	Limpieza	GBL	1.00	5,944.70	5,944.70
<b>Total general</b>							<b>15168,487.36</b>

Fuente: Elaboración Propia



**Tabla – 28: Presupuestocostos directos para rehabilitación de tuberías (Moneda Nacional)**

PRESUPUESTO COSTOS DIRECTOS													
COD-ETAPA	ETAPA	COD-SUBETAPA	SUBETAPA	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	C.U. ACTIVIDAD (MO)	COSTO TOTAL (MO)	C.U. ACTIVIDAD (M)	COSTO TOTAL (M)	C.U. ACTIVIDAD (Q)	COSTO TOTAL (Q)	TOTAL C.D.
01000	PRELIMINARES	01001	Trazo y Nivelacion	Niveletas Sencillas	C/U	40.00	25.44	1,017.46	23.50	940.00	-	-	1,957.46
02000	EXCAVACION DE TUBERIAS	02001	Excavación	Excavacion de tuberias Sanitarias	M³	2,875.09	-	-	-	-	1,560.00	4485,146.75	4485,146.75
03000	INSTALACION DE TUBERIAS SANITARIAS PVC	03001	Instalacion de tuberias PVC	Instalacion de tuberias sanitarias PVC SANITARIAS	ML	1,084.00	8.28	8,978.05	2,845.00	3083,980.00	-	-	3092,958.05
04000	INSTALACION DE TUBERIAS SANITARIAS RIB LOC	04001	Instalacion de tuberias RIB LOC	Instalacion de tuberias sanitarias RIB LOC	ML	1,600.00	6.21	9,940.97	2,725.00	4360,000.00	-	-	4369,940.97
05000	ELABORACION DE CAJAS DE REGISTRO	05001	Elaboracion de cajas de registro	Elaboracion de cajas de registro 0.6x0.6	M²	225.00	160.34	36,076.32	653.00	146,925.00	-	-	183,001.32
06000	RELLENO Y COMPACTACION	06001	Relleno y Compactacion	Relleno y compactacion manual	M³	2,693.86	47.84	128,878.69	-	-	-	-	128,878.69
07000	DESALOJO DE MATERIAL SOBRENTE	07001	Desalojo de tierra sobrante	Desalojo de tierra sobrante	M³	181.23	17.26	3,127.52	-	-	-	-	3,127.52
08000	CARPETA DE ADOQUIN	08001	Quitar y colocar adoquin	Quitar y Colocar Adoquin	M²	7,500.00	65.06	487,971.43	-	-	-	-	487,971.43
09000	LIMPIEZA GENERAL	06001	Limpieza	Limpieza General	GBL	1.00	5,000.00	5,000.00	-	-	-	-	5,000.00
	Total LIMPIEZA GENERAL												5,000.00
Total general													12757,982.21

Fuente: Elaboracion Propia.

**Fuente de precios**

Ferreteria LA LLAVE (Jinotega)

Ferreteria VIDAL BLANDON (Jinotega)

Ferreteria DURMAN ESQUIVEL (Managua)

**Tabla – 29: Presupuesto de costos indirectos para rehabilitación de tuberías**

PRESUPUESTO COSTOS INDIRECTOS					
CONCEPTO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL C.I.
COSTOS GENERALES	Planos	JGO	2	900.00	1,800.00
	Topografía	DIA	30	2,200.00	66,000.00
INSTALACIONES	Consumo de Agua	MES	2	2,000.00	4,000.00
	Consumo de Luz	MES	2	3,500.00	7,000.00
	Instalación Provisional de Agua	GLB	1	3,800.00	3,800.00
	Instalación Provisional de Luz	GLB	1	5,600.00	5,600.00
MISCELANEOS	Limpieza durante Obra	SEM.	8	1,050.00	8,400.00
PERSONAL ADMINISTRATIVO	Fiscal	MES	2	9,500.00	19,000.00
	Gerente de Proyecto (1/3 Tiempo)	MES	2	26,000.00	52,000.00
	Ingeniero Residente	MES	2	24,000.00	48,000.00
	Maestro de Obra	MES	2	12,000.00	24,000.00
	Vigilante Nocturno	MES	2	3,600.00	7,200.00
	Financiero	MES	2	10,000.00	20,000.00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	Vehiculo Liviano	MES	2	15,000.00	30,000.00
	Herramientas	GLB	2	5,000.00	10,000.00
ARTICULOS DESECHABLES	Guantes	C/U	50	50.00	2,500.00
	Botas	C/U	50	120.00	6,000.00
	Lamparas de Mano	C/U	30	100.00	3,000.00
Total general					<b>318,300.00</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla – 30: Factor de venta para costos unitarios directos**

Resumen	
COSTOS DIRECTOS:	12757,982.21
COSTOS INDIRECTOS:	318,300.00
SUB TOTAL 1:	13076,282.21
SUB TOTAL 2:	13076,282.21
IMPUESTO IVA:	1961,442.33
IMPUESTO MUNICIPAL:	130,762.82
SUB TOTAL 3:	15168,487.36
TOTAL:	15168,487.36
FACTOR DE VENTA:	1.19

Fuente: Elaboración Propia

## Conclusiones

Mediante los resultados obtenidos de la información recopilada para la elaboración de este documento, correspondiente al diseño de pavimento con adoquín y rehabilitación de tuberías de la Calle Terciaria y logrando cumplir con los objetivos propuestos, se concluye lo siguiente:

- En el análisis de suelos realizado por medio de 13 sondeos a lo largo de la calle, se logra observar que los suelos predominantes:
  - ❖ A-1-a presentó un CBR de 56% incluye los suelos con predominio de gravas, con o sin material fino bien graduado, su comportamiento en general, es bueno.
  - ❖ A-7-6 contiene suelos arcillosos presentó un CBR de 5% con un índice de plasticidad elevado en relación con el límite líquido y que están sujetos a cambios de volumen muy importantes, es considerado un suelo de mala calidad para material de cimentación.
  
- Se analizaron 3 bancos de materiales para mejorar la consistencia del suelo encontrado, a lo largo de la calle, el cual, se utilizará como base según el diseño propuesto. Este material base se obtendrá del banco más cercano. Considerando que el banco de materiales El Canal basados en los análisis de laboratorio demuestran que contiene un suelo de alta calidad, el cual presenta CBR de 97.8% y una densidad máxima 2,054 kg/cm<sup>3</sup> cumpliendo con la norma Nic-2000.
  
- De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio de tránsito para el cálculo del TPDA se logra observar una variable circulación vehicular donde predomina en un 95.32% la circulación de vehículos de carga liviana y solo un 4.68% corresponde a vehículos de carga pesada. Predominando en

los vehículos de carga liviana los autos con un 44.19% y las camionetas con un 45.31%.

- Se realizó el diseño de pavimento, tomando en cuenta la tasa de crecimiento vehicular en base al Producto Interno Bruto (PIB) como factor de crecimiento, promediado en los últimos 8 años con un valor de 3.57%.
- El ESAL'S obtenido en el diseño es de 600,233.365 ejes equivalentes por carril de diseño.
- Debido a la particularidad de los CBR encontrados en el estudio de suelo, se realizaron 2 diseños diferentes, obteniendo los siguientes resultados:

**Diseño I:** Barrio Alejandro Ramos - Barrio Ernesto Rosales.

Capa	Espesor (pulgadas)
Adoquín	4
Arena	2
Base	9

Fuente: Elaboración Propia.

**Diseño II:** Barrio Ducuali – Barrio 20 de Mayo

Capa	Espesor (pulgadas)
Adoquín	4
Arena	2
Base	6

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo, al Presupuesto realizado el costo de la rehabilitación sería de C\$ 15,168,487.36 (Quince millones Ciento Sesenta y ocho mil cuatrocientos ochenta y siete córdobas con 36 /100).

## Recomendaciones

Para garantizar el buen funcionamiento de la vía en términos de calidad y duración se recomienda:

- Utilizar como base dentro de la estructura del pavimento, el material que proporciona el Banco de préstamo El Canal ya que cumple con los requerimientos necesarios para el diseño propuesto.
- Es necesario controlar la circulación de vehículos que demandaran el uso de la vía, no permitiendo el paso de vehículos que excedan el peso para el cual fue diseñado el pavimento. Para ello es necesario el uso de señales de tránsito que hagan mención a lo antes mencionado.
- Garantizar que el adoquín a utilizar sea adquirido de una fábrica certificada, de manera que este cumpla con las especificaciones técnicas de la norma NTON 12 009 10, asegurando la calidad requerida.
- Para el mejor funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario es necesario cambiar las tuberías de concreto existentes por tuberías de PVC y RibLoc con el objetivo de que su mantenimiento sea más fácil, factible y durable.
- Dar un mantenimiento anual a las vías, ya que ayudaría a que el funcionamiento sea óptimo.

## Bibliografía.

### **Libros de Consultas:**

Especificaciones Generales para la construcción de caminos, calles y puentes – NIC – 2000 Ministerio de Transporte e Infraestructura.

Guide for Design of Pavement Structures. AASHTO 4th Edición. Año 1993

Ingeniería de Pavimentos para Carreteras.- Alfonso Montejo Fonseca. Editorial: Universidad Católica de Colombia. 3ra. Edición. Año 2006

Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones. - Cal y Mayor Rafael. Editorial: Alfaomega. 8va. Edición. Año 2007

Manual centroamericano para diseños de pavimentos - Ing. Jorge Coronado Iturbide - UNAID – SIECA. Año 2002

Manual de Calidad de los Materiales en Secciones Estructurales de Pavimentos de Carreteras –Ing. Alfonso Rodríguez. Documento número #1 Año 1990.

Mecánica de Suelos y Cimentaciones – Carlos Crespo Villaluz – Editorial LIMUSA S.A de C.V. Año 1994.

Normas INAA

Pavimentos - Colección Universidad Medellín. División de Investigaciones y Asesorías-Vol. 6 Año 2007

Revista de Tráfico – Ministerio de Transporte e Infraestructura Año 2009

**Consulta en Monografías:**

Método Optimo para el diseño de espesores – Romy del Carmen Sheegans Aldana – 2006.

Diseño de Alcantarillado Sanitario – Mariela Arauz – 2011.

**Documentos consultados:**

Coordinación General de Proyectos de la Alcaldía, Jinotega - Alcaldía de Jinotega.

**Páginas de Internet de Consulta:**

[www.construdata.com/BancoConocimiento/C/cartilla\\_de\\_adoquines/adoquines1.htm](http://www.construdata.com/BancoConocimiento/C/cartilla_de_adoquines/adoquines1.htm)

[http://www.cai.org.ar/dep\\_tecnico/comisiones/CTECO/trabajos/paviment-articulado.html](http://www.cai.org.ar/dep_tecnico/comisiones/CTECO/trabajos/paviment-articulado.html).

[http://www.iccbp2009.com.ar/articles.art/moderno\\_eficiente\\_sistema\\_pavimentacion\\_spanish.htm](http://www.iccbp2009.com.ar/articles.art/moderno_eficiente_sistema_pavimentacion_spanish.htm).

<http://members.fortunecity.es/100pies/compactacion/compactacion0.htm>

<http://es.scribd.com/doc/59005287/54/Metodos-de-diseno-de-pavimentos-de-adoquin>

<http://es.scribd.com/doc/24569132/Pavimentos-articulados-adoquines>

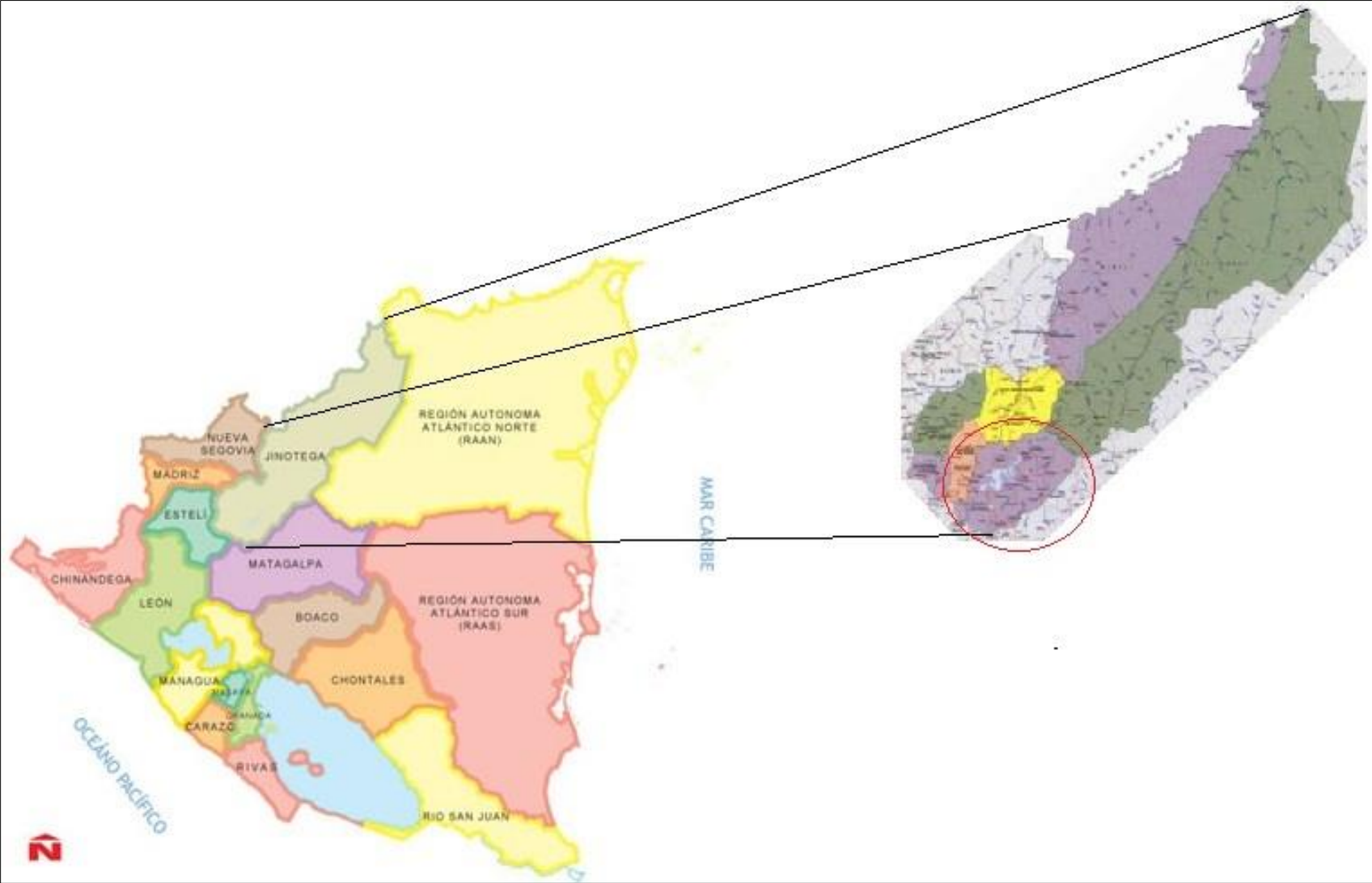
---

# ANEXOS GENERALES



**Anexo A: Localización del proyecto:**

**Macro – Localización**



## Anexo B Micro – Localización



---

# ANEXOS I: ESTUDIO DE SUELOS

Anexo I-1: Clasificación de los suelos según ASSTHO

Clasificación General	Materiales granulares. (35% como máximo de la que pasa el tamiz Nº 200)							Materiales de arcilla-limo (más de 35% del total de la muestra que pasa el tamiz Nº 200)			
	A-1	A-1-b	A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación por grupos	A-1-a			A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Análisis por mallas, porcentaje que pasa el tamiz											
Nº 10	50 máx...										
Nº 40	30 máx...	50 máx...	51 máx...								
Nº 200	15 máx...	10 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											
Límite líquido				40 máx...	41 min.	40 máx...	41 min.	40 máx...	41 min.	40 máx...	41 min.
índice de plasticidad	6 máx...	NP	10 máx...	10 máx...	10 máx...	11 min.	11 min.	10 máx...	10 máx...	11 min.	11 min.
índice del grupo	0	0	0								

Fuente: American Association of State Highway Officials.

## Anexo I-2: Sistema Unificado de los suelos (S.U.C.S) ASTM D 2487:

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			Clasificación de suelos		
			Símbolo de grupo	Nombre del grupo	
Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP<4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
			IP>7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
		Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo
			Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
	Cumple los criterios para GP y GM		GP-GM	Grava mal graduada con limo	
	Cumple los criterios para GP y GC		GP-GC	Grava mal graduada con arcilla	
	Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
		Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP<4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
			IP>7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
		Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo
			Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla
Cumple los criterios para SP y SM			SP-SM	Arena mal graduada con limo	
Cumple los criterios para SP y SC			SP-SC	Arena mal graduada con arcilla	
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	IP>7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad
			IP<4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno ----- limite liquido - no secado <0.75	OL	Arcilla orgánica Limo orgánico
			Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	IP>7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"
	IP<4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH			Limo de alta plasticidad
	Orgánicos	Limite liquido - secado al horno ----- limite liquido - no secado <0.75		OH	Arcilla orgánica Limo orgánica
		Suelos altamente orgánicos		Principalmente materia orgánica de color oscuro	PT

Fuente: Mecánica de suelos y cimentaciones. Carlos Crespo Villalaz. 5ta. Edición México, Limusa 2004.

**Anexo I-3: Resultados de sondeos manuales realizados por barrio:**  
Sondeos Manuales

Resultados de Ensayes de Suelos Barrio Alejandro Ramos.

Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (metros)	% Que Pasa por el Tamiz										L.L. (%)	I.P. (%)	Clasificación	
			2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200			SUCS	AASHTO
<b>BO. ALEJANDRO RAMOS</b>																
<b>Sm -01</b>																
Sm - 01	1	0.00 - 0.10		100	71	58	49	43	38	35	22	13	--	NP	<b>GM</b>	<b>A - 1 - a (0)</b>
	2	0.10 - 1.50							100	94	71	53	56.9	27.5	<b>CH</b>	<b>A - 7 - 6 (12)</b>
<b>Sm -02</b>																
Sm - 02	1	0.00 - 0.20		100	71	58	49	43	38	35	22	13	--	NP	<b>GM</b>	<b>A - 1 - a (0)</b>
	2	0.20 - 1.50							100	94	71	53	56.9	27.5	<b>CH</b>	<b>A - 7 - 6 (12)</b>
<b>OBSERVACIONES:</b>																
L.L. : Límite Líquido      I.P. : Índice Plástico      I.G. : Índice de Grupo      N.P. : Suelo No Plástico																

Fuente: Laboratorio de Materiales y Suelos "Ing. Julio Padilla Méndez"

Resultados de Ensayes de Suelos Barrio Ducuali.

Sondeo	Muestra	Profundidad	% Que Pasa por el Tamiz										L.L.	I.P.	Clasificación		
			N°	N°	(metros)	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2 "	3/8"	N°4			N°10	N°40	N°200
<b>BO. DUCUALI</b>																	
<b>Sm – 03</b>																	
Sm-03	1	0.00 – 0.30			100	79	62	48	31	29	20	13	--	NP	<b>GM</b>	<b>A – 1 – a (0)</b>	
	2	0.30 – 1.50		100	86	75	57	46	35	33	24	14	--	NP	<b>GM</b>	<b>A – 1 – a (0)</b>	
<b>Sm – 04</b>																	
Sm-04	1	0.00 – 0.25			100	79	62	48	31	29	20	13	--	NP	<b>GM</b>	<b>A – 1 – a (0)</b>	
	2	0.25 – 1.50		100	86	75	57	46	35	33	24	14	--	NP	<b>GM</b>	<b>A – 1 – a (0)</b>	
<b>Sm – 05</b>																	
Sm-05	1	0.00 – 1.50				100	73	58	38	33	19	9	--	NP	<b>GW-GM</b>	<b>A – 1 – a (0)</b>	
<b>Sm – 06</b>																	
Sm-06	1	0.00 – 1.50			100	79	62	48	31	29	20	13	--	NP	<b>GM</b>	<b>A – 1 – a (0)</b>	
<b>OBSERVACIONES:</b>																	
<b>L.L. : Límite Líquido      I.P. : Índice Plástico      I.G. : Índice de Grupo      N.P. : Suelo No Plástico</b>																	

Fuente: Laboratorio de Materiales y Suelos "Ing. Julio Padilla Méndez"

Resultados de Ensayes de Suelos Barrio Ernesto Rosales.

Sondeo	Muestra	Profundidad	% Que Pasa por el Tamiz										L.L.	I.P.	Clasificación		
			N°	N°	(metros)	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2 "	3/8"	N°4			N°10	N°40	N°200
<b>BO. ERNESTO ROSALES</b>																	
<b>Sm - 07</b>																	
Sm - 07	1	0.00 - 0.37			100	97	93	86	70	51	27	13	--	NP	<b>SM</b>	<b>A - 1 - b (0)</b>	
	2	0.37 - 1.50						100	99	99	98	96	54	31	<b>CH</b>	<b>A - 7 - 6 (19)</b>	
<b>Sm - 08</b>																	
Sm - 08	1	0.00 - 0.30			100	97	93	86	70	51	27	13	--	NP	<b>SM</b>	<b>A - 1 - b (0)</b>	
	2	0.30 - 1.50						100	99	99	98	96	54	31	<b>CH</b>	<b>A - 7 - 6 (19)</b>	
<b>Sm - 09</b>																	
Sm - 09	1	0.00 - 1.50		100	98	96	90	84	73	55	30	15	--	NP	<b>SM</b>	<b>A - 1 - b (0)</b>	
<b>Sm - 10</b>																	
Sm - 10	1	0.00 - 0.30			100	97	93	86	70	51	27	13	--	NP	<b>SM</b>	<b>A - 1 - b (0)</b>	
	2	0.30 - 1.50						100	99	99	98	96	54	31	<b>CH</b>	<b>A - 7 - 6 (19)</b>	
<b>OBSERVACIONES:</b>																	
L.L. : Límite Líquido      I.P. : Índice Plástico      I.G. : Índice de Grupo      N.P. : Suelo No Plástico																	

Fuente: Laboratorio de Materiales y Suelos "Ing. Julio Padilla Méndez"



Resultados de Ensayes de Suelos Barrio 20 de Mayo.

Sondeo	Muestra	Profundidad	% Que Pasa por el Tamiz										L.L.	I.P.	Clasificación	
			N°	N°	(metros)	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2 "	3/8"	N°4			N°10	N°40
<b>BO. 20 DE MAYO</b>																
			<b>Sm - 11</b>													
Sm - 11	1	0.00 - 1.50		100	87	66	48	32	18	15	9	2	--	NP	<b>GP</b>	<b>A - 1 - a (0)</b>
			<b>Sm - 12</b>													
Sm - 12	1	0.00 - 1.50			100	80	59	44	30	27	16	7	--	NP	<b>GP-GM</b>	<b>A - 1 - a (0)</b>
			<b>Sm - 13</b>													
Sm - 13	1	0.00 - 1.50		100	87	66	48	32	18	15	9	2	--	NP	<b>GP</b>	<b>A - 1 - a (0)</b>
<b>OBSERVACIONES:</b>																
<b>L.L. : Límite Líquido      I.P. : Índice Plástico      I.G. : Índice de Grupo      N.P. : Suelo No Plástico</b>																

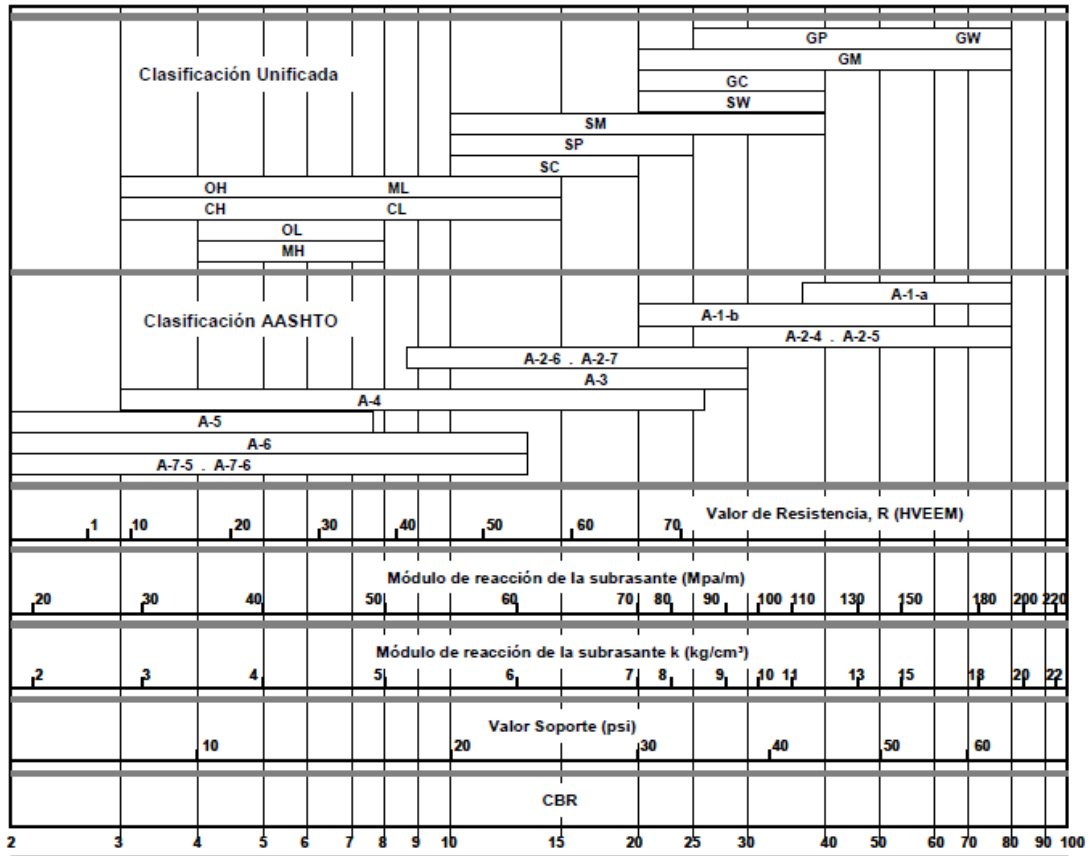
Fuente: Laboratorio de Materiales y Suelos "Ing. Julio Padilla Méndez"

**Anexo I-4: Análisis de Bancos de Materiales en el casco urbano de Jinotega.**

PVSS (Kg/m <sup>3</sup> )	PVSC (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Máxima (Kg./m <sup>3</sup> )	Humedad óptima (%)	C.B.R 100%	% Que Pasa por el Tamiz										L.L. (%)	I.P. (%)	Clasificación	
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200			SUCS	AASHTO
<b>Fuente de Materiales : CASA SOLA KM. 167</b>																		
1,365	1,470	1,877	9.3	99.6	98	96	88	81	69	60	45	32	22	17	41.8	13	<b>GM</b>	<b>A-2-7 (0)</b>
<b>Fuente de Materiales : DIRIANGEN KM. 167</b>																		
1,146	1,358	1,694	8.2	92.2		86	64	49	37	32	17	14	9	7	25.4	4.7	GP-GC	A-1-a(0)
<b>Fuente de Materiales : EL CANAL KM. 175</b>																		
1,336	1,254	2,054	9.5	97.8		92	70	58	43	35	20	15	9	4	--	NP	<b>GP</b>	<b>A-1-a (0)</b>
<b>Observaciones</b>																		
PVSS = Peso Volumétrico Seco Suelto						PVSC = Peso Volumétrico Seco Compacto						L.L. = Límite Líquido I.P. = Índice de Plasticidad						

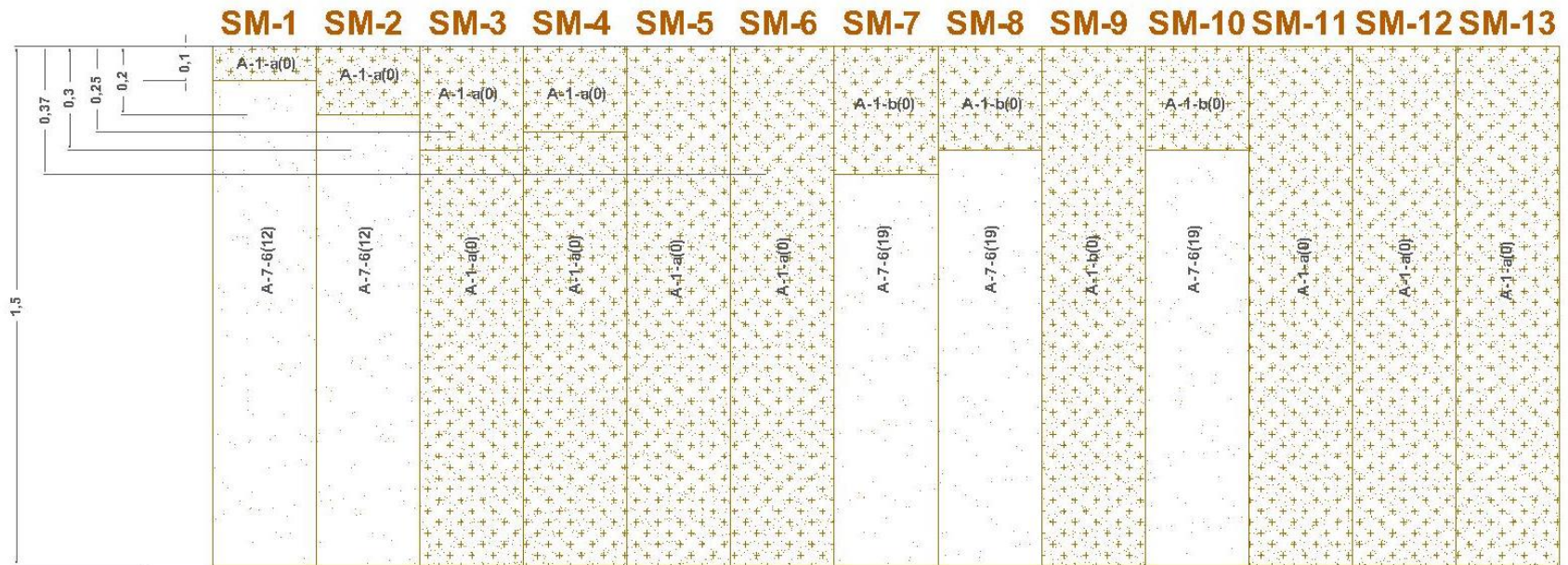
Fuente: Laboratorio de Materiales y Suelos "Ing. Julio Padilla Méndez"

## Anexo I-5: Clasificación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes tipos de ensayos



Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de pavimentos – SIECA, 2002

## Anexo I-6: Columna Estratigráfica de los suelos



Fuente: Elaboración Propia

---

# ANEXOS II: ESTUDIO DE TRÁNSITO

## Anexo II-1: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Trafico de la Oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimentos

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadrados, 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 4x4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con lina en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA $Tx-Sx \leq 4$		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo $Tx-Sx \leq 4$
	$Tx-Sx > 5$		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi - Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	$Cx-Rx \leq 4$		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como $Cx-Rx \leq 4$
	$Cx-Rx > 5$		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRICOLAS		Son vehículos provistos con lantias especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, <b>Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadora</b>
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario de Aforo de Trafico 2010 del Ministerio de Transporte e Infraestructura, MTI.

## Anexo II-2: Distribución de Tráfico del casco urbano de la Ciudad de Jinotega

Fecha: 5 de Febrero del 2012.

Duración: 12 horas

### Consolidación de conteo vehicular del día domingo 5 de Febrero del 2012

DESCRIPCION	Domingo, 5 de Febrero del 2012												TOTAL
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
Bicicletas	12	22	27	50	43	42	36	23	19	21	26	25	346
Motos	9	28	48	53	69	62	45	34	29	31	25	28	461
Autos	9	22	51	56	62	59	39	28	31	30	21	16	424
Jeep	1	1	0	0	2	2	2	7	4	11	6	4	40
Camionetas	9	18	27	43	41	34	32	29	31	35	36	26	361
Micro Bus	1	0	0	3	3	2	2	1	2	1	2	1	18
Micro Bus >15P	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3
Bus	0	2	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	7
Camión C2	0	1	0	1	0	1	2	3	1	0	0	1	10
C2 Liviano	1	1	2	1	3	2	2	3	0	1	1	1	18
C2 >5ton	1	1	1	1	1	1	2	4	1	1	0	1	15
C3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Carretas	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Vehículo para transportar animales	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	8

Elaboración Propia

---

Fecha: 6 de Febrero del 2012.

Duración: 12 horas

### Consolidación de conteo vehicular del día lunes 6 de febrero del 2012

DESCRIPCION	Lunes, 6 de Febrero del 2012												TOTAL
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
Bicicletas	31	49	50	61	61	66	56	43	40	57	62	48	623
Motos	25	59	64	78	86	84	64	50	59	84	71	76	799
Autos	21	38	47	69	68	71	53	46	39	69	57	48	625
Jeep	1	8	1	0	2	3	3	9	5	13	8	6	57
Camionetas	19	41	58	69	80	74	57	46	46	73	70	60	691
Micro Bus	0	1	2	3	4	2	3	2	2	2	3	2	25
Micro Bus >15P	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	4
Bus	1	1	0	1	0	1	2	1	1	0	0	0	6
Camión C2	0	1	1	1	0	1	2	2	1	2	1	1	11
C2 Liviano	1	3	4	1	3	2	3	3	1	10	7	6	43
C2 >5ton	3	3	5	1	1	1	2	3	1	4	1	3	26
C3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Carretas	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	3
Vehículo para transportar animales	0	3	2	1	2	0	0	1	1	1	1	1	10

Elaboración Propia



---

Fecha: 7 de Febrero del 2012.

Duración: 12 horas

### Consolidación de conteo vehicular del día martes 7 de Febrero del 2012

DESCRIPCION	Martes, 7 de Febrero del 2012												TOTAL
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
Bicicletas	29	36	44	66	56	60	57	50	43	47	58	47	591
Motos	22	40	54	63	69	71	79	65	79	72	54	36	702
Autos	13	38	47	65	68	60	45	41	56	50	37	29	546
Jeep	1	2	1	1	3	2	5	14	5	10	8	4	54
Camionetas	18	30	42	49	56	39	65	51	50	48	53	45	544
Micro Bus	0	1	2	2	2	1	4	2	3	1	2	2	20
Micro Bus >15P	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	5
Bus	1	1	0	1	0	1	3	1	2	0	0	0	7
Camión C2	0	1	1	2	1	1	2	4	1	2	1	1	14
C2 Liviano	1	3	3	1	2	1	5	4	1	5	2	2	28
C2 >5ton	3	2	3	0	1	1	3	5	2	4	1	3	27
C3	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3
Carretas	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Vehículo para transportar animales	0	3	2	2	2	1	0	1	1	1	1	1	12

Elaboración Propia

Fecha: 8 de Febrero del 2012.

Duración: 12 horas

### Consolidación de conteo vehicular del día miércoles 8 de Febrero del 2012

DESCRIPCION	Miércoles, 8 de Febrero del 2012												TOTAL
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
Bicicletas	26	35	45	56	54	61	48	44	37	47	49	36	535
Motos	22	48	52	65	85	82	63	58	65	70	57	44	709
Autos	21	46	40	64	60	54	50	40	65	46	45	35	565
Jeep	1	3	1	0	2	2	3	7	3	7	7	3	36
Camionetas	16	35	45	54	80	58	63	58	50	59	57	46	620
Micro Bus	0	1	3	1	2	4	4	2	2	2	4	1	25
Micro Bus >15P	0	0	1	0	0	0	2	1	0	1	1	0	5
Bus	1	1	0	1	0	0	2	1	2	0	0	0	6
Camión C2	0	1	1	1	0	5	3	4	1	2	1	1	18
C2 Liviano	1	3	3	1	2	9	4	4	1	5	5	4	40
C2 >5ton	3	1	3	1	1	2	3	3	1	3	3	3	26
C3	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Carretas	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Vehículo para transportar animales	0	2	2	1	2	2	0	1	1	1	1	1	11

Elaboración Propia

---

Fecha: 9 de Febrero del 2012.

Duración: 12 horas

### Consolidación de conteo vehicular del día jueves 9 de Febrero del 2012

DESCRIPCION	Jueves, 9 de Febrero del 2012												TOTAL
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
Bicicletas	23	37	47	57	67	62	54	50	38	49	45	36	565
Motos	18	28	35	43	69	55	77	67	68	64	52	30	606
Autos	14	35	38	48	44	48	56	49	53	38	41	36	500
Jeep	2	1	2	0	3	2	5	12	3	3	3	2	38
Camionetas	15	35	39	57	66	64	65	52	50	47	51	33	574
Micro Bus	1	1	2	2	2	4	4	2	3	1	1	1	24
Micro Bus >15P	0	0	1	0	0	0	2	1	0	1	1	0	6
Bus	1	1	1	1	0	0	3	0	1	0	0	0	8
Camión C2	0	0	1	1	0	6	1	3	1	1	1	1	16
C2 Liviano	1	3	3	2	0	13	3	2	1	2	3	3	36
C2 >5ton	1	1	3	1	0	1	1	2	1	1	2	3	17
C3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Carretas	1	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	7
Vehículo para transportar animales	0	1	1	1	2	2	1	1	2	0	1	0	12

Elaboración Propia

Fecha: 10 de Febrero del 2012.

Duración: 12 horas

### Consolidación de conteo vehicular del día viernes 10 de Febrero del 2012

DESCRIPCION	Viernes, 10 de febrero del 2012												TOTAL
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
Bicicletas	23	38	47	52	57	49	62	51	38	42	46	41	544
Motos	24	46	42	56	85	63	77	65	69	81	56	44	706
Autos	26	44	46	51	53	62	55	50	67	54	45	38	588
Jeep	1	8	1	1	4	4	4	12	3	3	6	5	49
Camionetas	20	33	47	71	86	86	64	56	47	61	66	44	680
Micro Bus	1	1	2	1	1	5	4	1	3	2	4	1	25
Micro Bus >15P	0	0	1	0	0	0	2	1	0	1	1	0	5
Bus	1	1	1	0	0	0	3	0	1	0	0	0	6
Camión C2	1	0	1	2	0	8	2	3	1	1	1	1	19
C2 Liviano	1	2	2	0	1	18	4	3	1	5	5	4	45
C2 >5ton	2	2	2	2	1	1	2	2	1	3	2	3	21
C3	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	3
Carretas	1	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	6
Vehículo para transportar animales	0	2	2	2	2	1	0	1	1	1	1	1	11

Elaboración Propia

Fecha: 11 de Febrero del 2012.

Duración: 12 horas

### Consolidación de conteo vehicular del día sábado 11 de Febrero del 2012

DESCRIPCION	Sábado, 11 de febrero del 2012												TOTAL
	6:00 7:00	7:00 8:00	8:00 9:00	9:00 10:00	10:00 11:00	11:00 12:00	12:00 13:00	13:00 14:00	14:00 15:00	15:00 16:00	16:00 17:00	17:00 18:00	
Bicicletas	20	34	40	58	49	51	43	41	30	36	42	29	473
Motos	20	51	54	69	82	79	57	50	57	61	43	29	653
Autos	18	42	49	67	56	54	44	31	51	37	31	24	504
Jeep	0	1	0	0	3	2	3	8	4	7	7	4	39
Camionetas	14	35	57	57	80	66	50	46	39	41	43	31	559
Micro Bus	0	1	1	3	3	1	2	1	1	1	3	1	17
Micro Bus >15P	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	2
Bus	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	5
Camión C2	0	1	0	1	0	3	2	3	1	2	1	1	13
C2 Liviano	1	2	3	1	2	3	3	3	1	4	3	2	27
C2 >5ton	3	1	2	1	1	3	2	2	1	2	3	2	21
C3	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Carretas	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Vehículo para transportar animales	0	1	1	1	2	2	0	1	1	0	1	1	10

Elaboración Propia

### Anexo II-3: Clasificación funcional de las carreteras Regionales, Volúmenes de Tránsito, Número de carriles y Tipo de Superficie de Rodadura.

TPDA	> 20,000		20,000 – 10,000		10,000–3,000		3,000 - 500	
	C	S	C	S	C	S	C	S
AR – Autopistas Regionales	6 – 8	Pav.	4 – 6	Pav.				
TS – Troncales Suburbanas	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
TR – Troncales Rurales	4	Pav.	2 – 4	Pav.	2	Pav.		
CS – Colectoras Suburbanas			2 - 4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR – Colectoras Rurales					2	Pav.	2	Pav.

TPDA = Tránsito promedio diario anual; C= Número de carriles; S= Superficie de rodadura; Pav. = pavimentadas

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA, 2,001

Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de pavimentos – SIECA, 2002

### Anexo II-4: Limite de carga por eje de vehículos Livianos

Tipo de Vehículo	Peso por eje en TON	Peso por eje en Lbs.
<b>AUTOMOVIL</b>	1/1	2200/2200
<b>JEEP</b>	1/1	2200/2200
<b>CAMIONETA</b>	1/2	2200/4400
<b>MC-15</b>	2/4	4400/8800
<b>MC-12-30</b>	4/8	8800/17600
<b>C2-LIV</b>	4/8	8800/17600
<b>BUS = C2</b>	5/10	11000/22000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI.

---

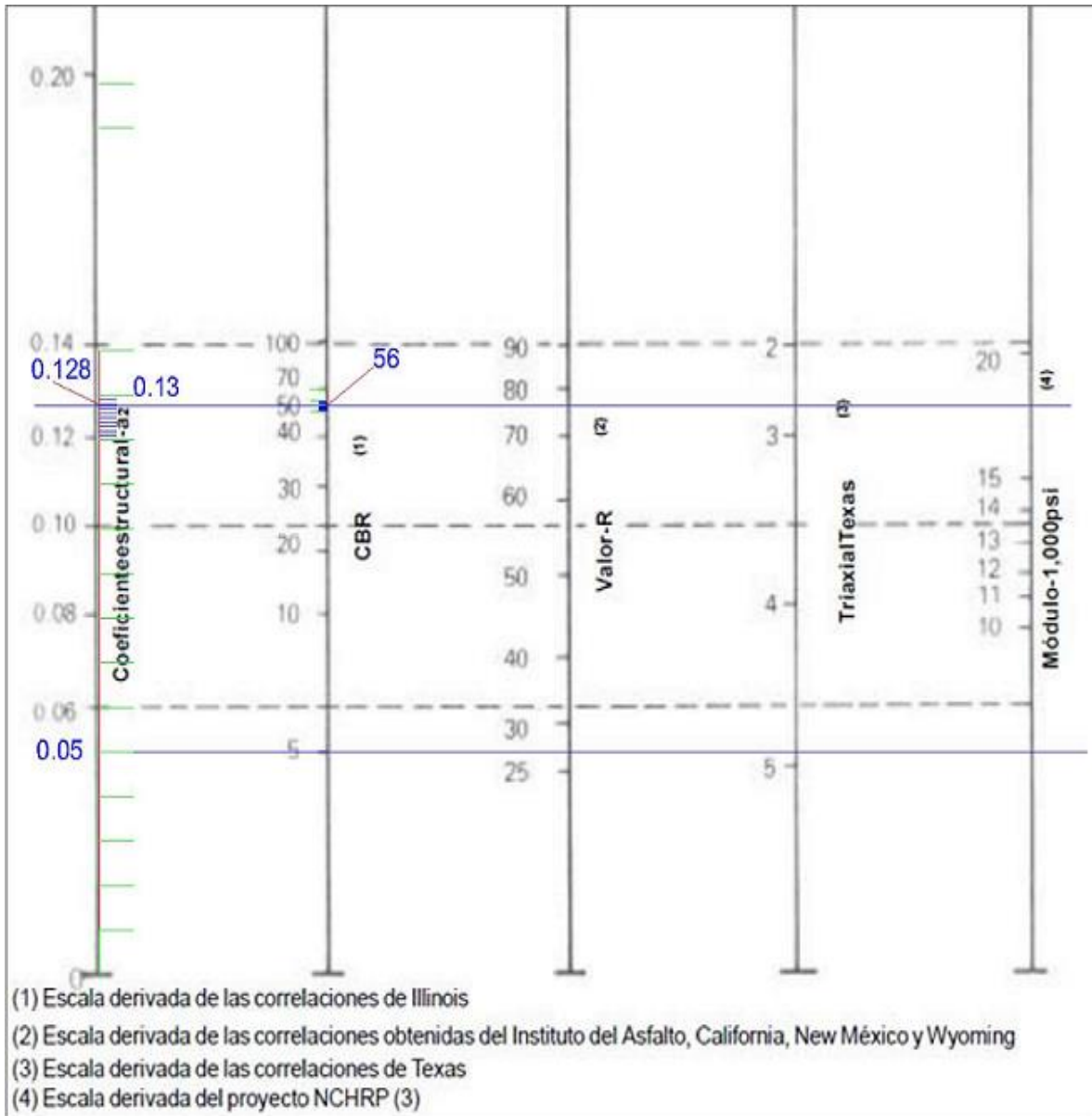
# ANEXOS III: DISEÑO DE PAVIMENTO

### Anexo III-1: Parámetros o correlaciones para el cálculo del módulo de resiliencia.

Para  $CBR \leq 7\%$   $\Rightarrow$   $M_r = 1,500 \text{ CBR (psi)}$   
 Para  $CBR > 20\%$   $\Rightarrow$   $M_r = 4326 \ln \text{ CBR} + 241 \text{ (psi)}$

Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de pavimentos – SIECA, 2002

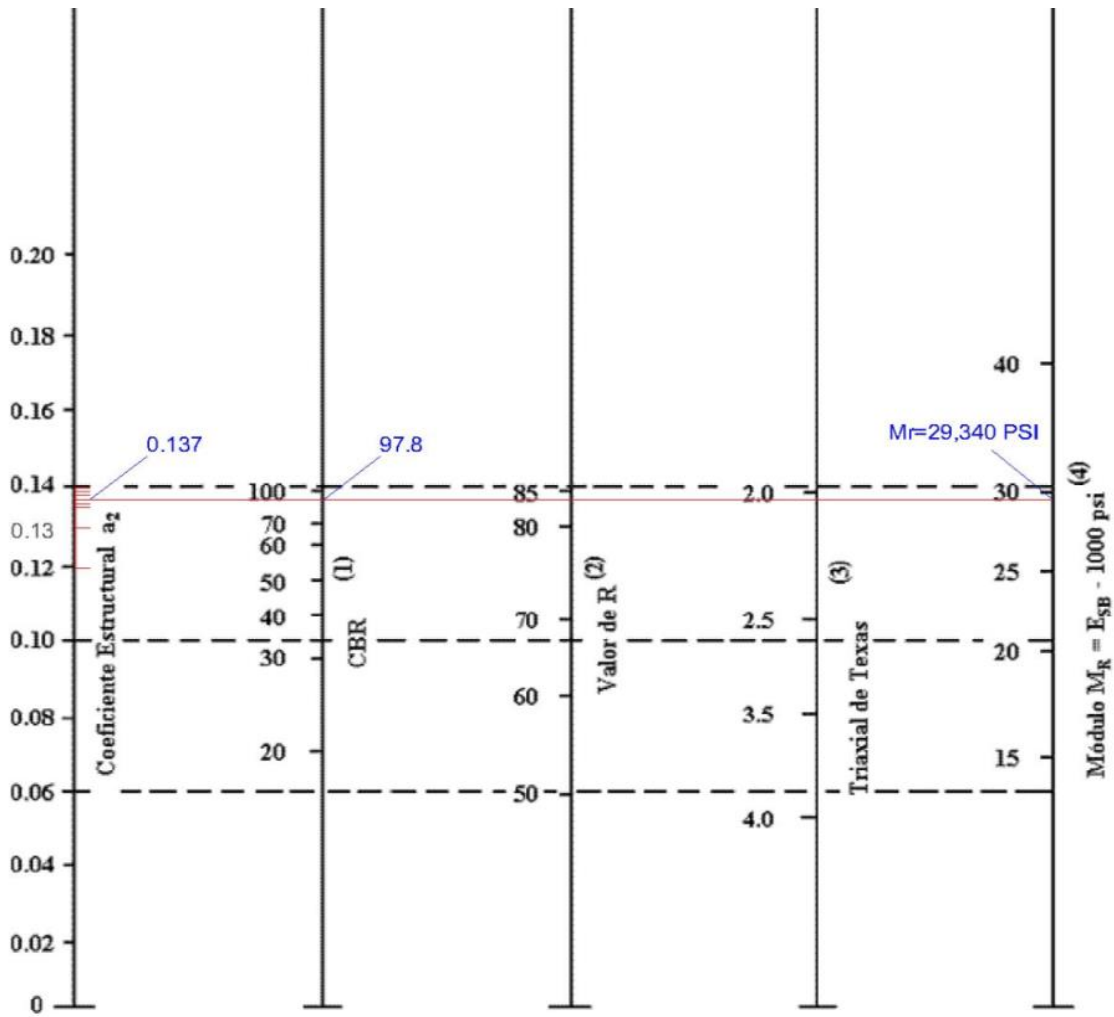
### Anexo III-2: Coeficiente estructural de la capa sub base a2



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993



Anexo III – 3: Calculo del Mr y a<sub>2</sub> de la base:



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexico y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Fuente: Manual Centroamericano para pavimentos SIECA.

### AnexoIII-4: Tabla de factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles

A. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, Pt = 2,0

Carga p/eje (kips) <sup>6</sup>	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.


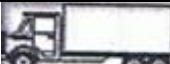





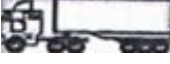



Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de pavimentos – SIECA. 2002

B. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, Pt = 2,0

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

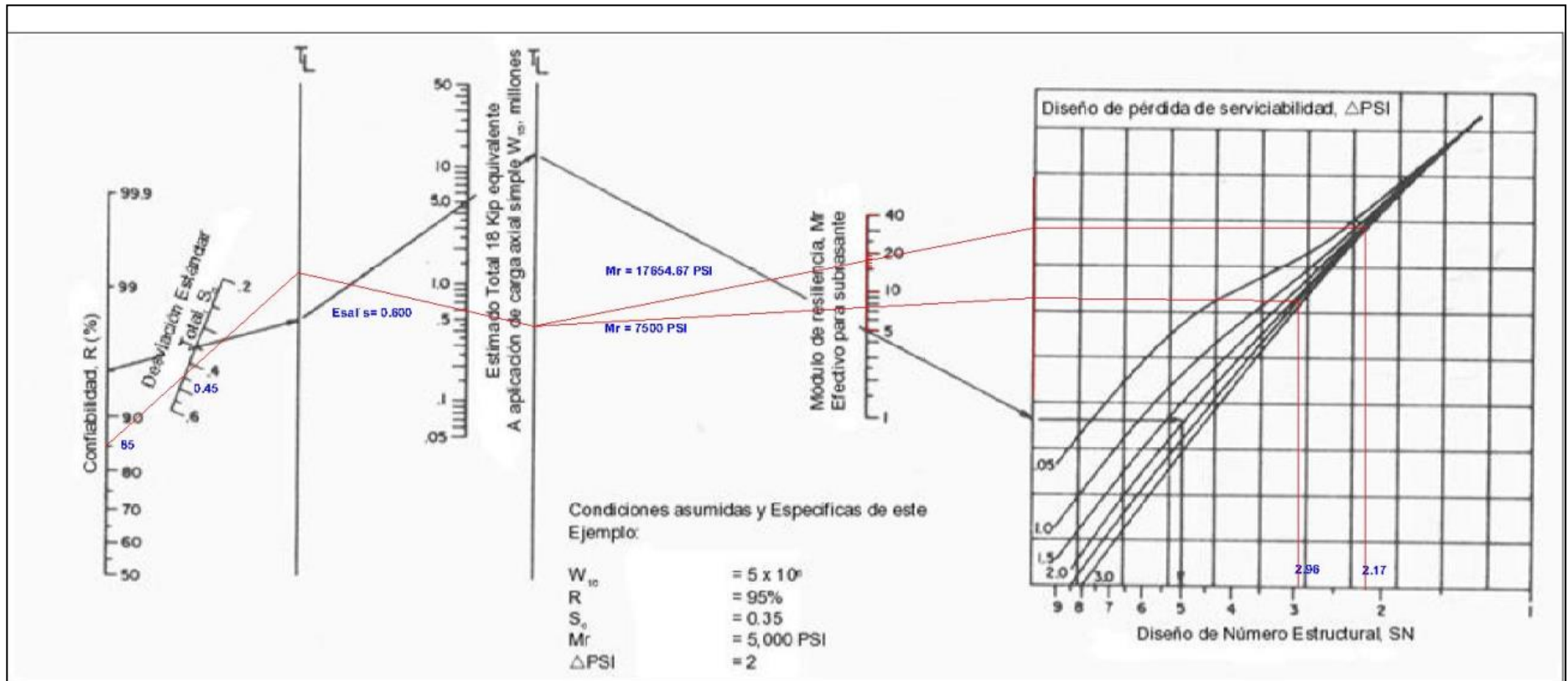
Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de pavimentos – SIECA. 2002

### Anexo III-5: Limite de peso por eje

REPUBLICA DE NICARAGUA								
MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA								
DIRECCION GENERAL DE VIALIDAD								
DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES								
PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS								
TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO (TON)						Peso Máximo Total Ton – Mt
		1er eje	2do eje	3er eje	4to eje	5to eje	6to eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		16.00						21.00
		8.00	8.00					
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0a	4.0a			21.50
		4.50	9.00	6.5b	6.5b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0a	4.0a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5b	6.5b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0a	5.0a	5.0a	35.00
		5.00	8.00	8.00	6.5b	5.0b	5.0b	37.50

Fuente: Anuario de Aforo 2009 MTI.

Anexo III-6: Nomograma para el cálculo del número estructural de diseño I y II:



Fuente: Elaboración Propia

---

### Anexo III-7: Espesores mínimos sugeridos:

<i>Número de Esal's</i>	<i>Capa Asfáltica (cm)</i>	<i>Base Granular (cm)</i>
Menos de 50,000	3	10
50,000 - 150,000	5	10
150,000 - 500,000	6.5	10
500,000 - 2,000,000	7.5	15
2,000,000 - 7,000,000	9	15
Más de 7,000,000	10	15

Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de pavimentos – SIECA. 2002

### Anexo III-8: Espesores mínimos de capa asfáltica sobre base

<i>Cantidad de ejes equivalentes</i>	<i>Condición del tránsito</i>	<i>Espesores mínimos de capa asfáltica (cm)</i>
Hasta 10,000	Ligero	7.5
Entre 10,000 y 1,000,000	Mediano	10
Mayor de 1,000,000	Pasado	12.5 o más

Fuente: Instituto de Asfalto, 1991

---

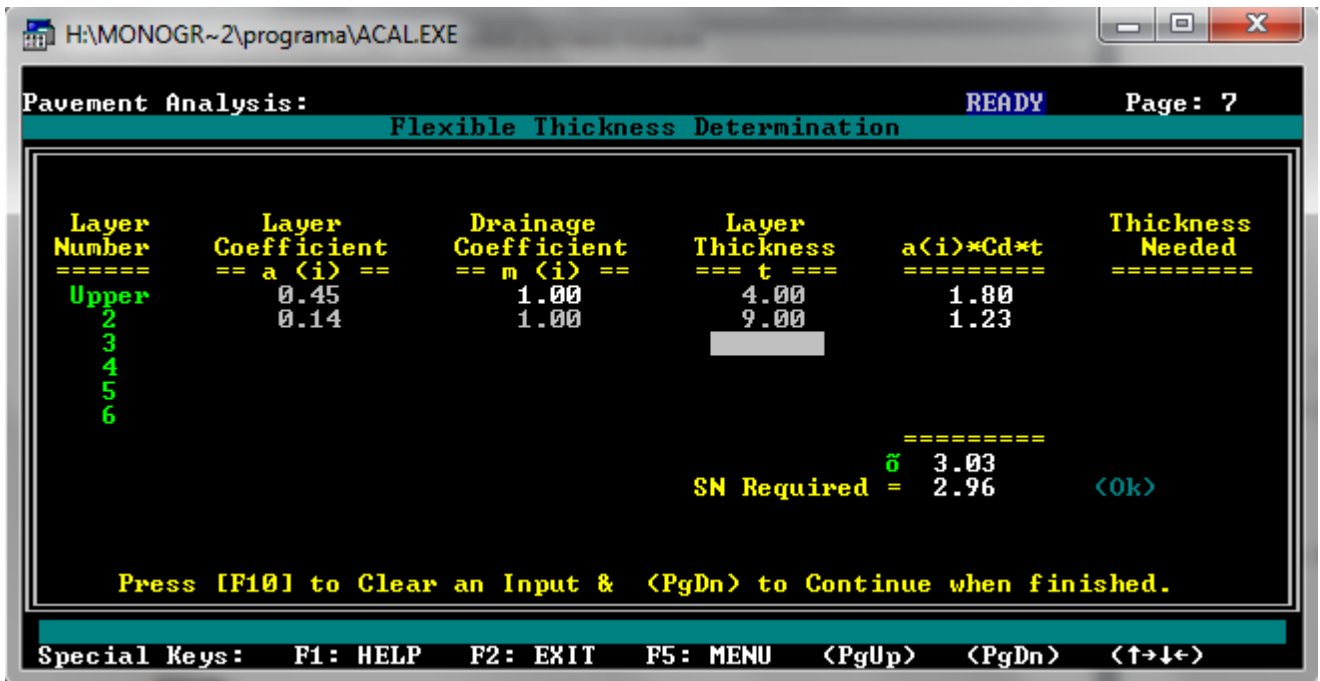
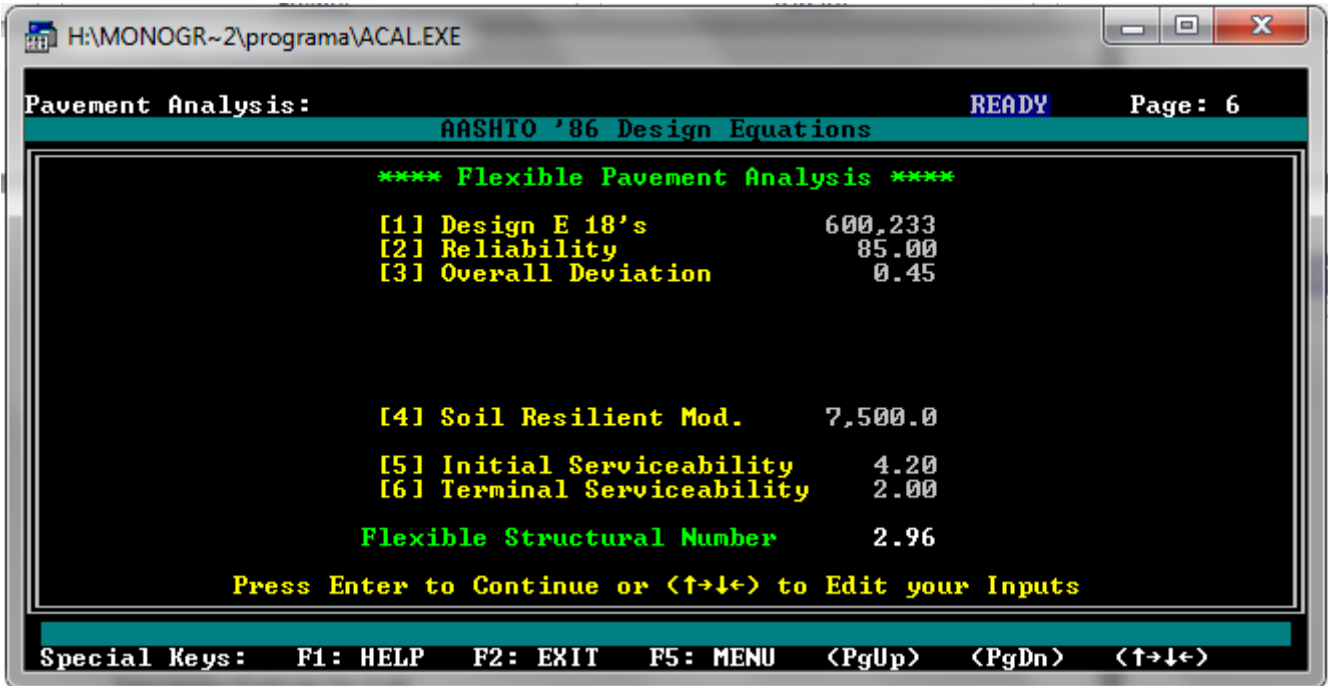
**Anexo III-9: Valores de la Desviación normal estándar (Zr)  
correspondiente al nivel seleccionado de confiabilidad (R):**

<b>Confiabilidad R (Porcentaje)</b>	<b>Desviación Normal Estándar (Z1)</b>
50	0.0000
60	-0.2530
70	-0.5240
75	-0.6740
80	-0.8410
85	-1.0370
90	-1.2820
91	-1.3400
92	-1.4050
93	-1.4760
94	-1.5550
95	-1.6450
96	-1.7510
97	-1.8810
98	-2.0540
99	-2.3270
99.9	-3.0900
99.99	-3.0750

Fuente: Manual Centroamericano, Sieca 2,002.

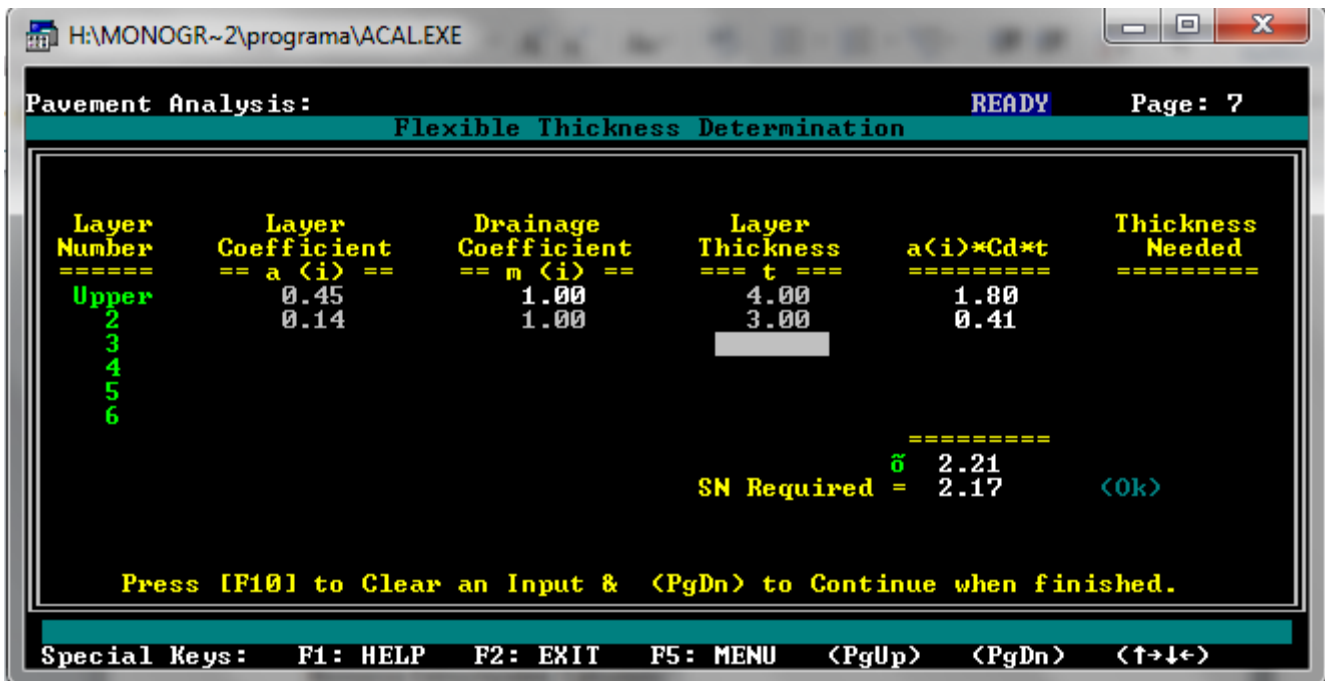
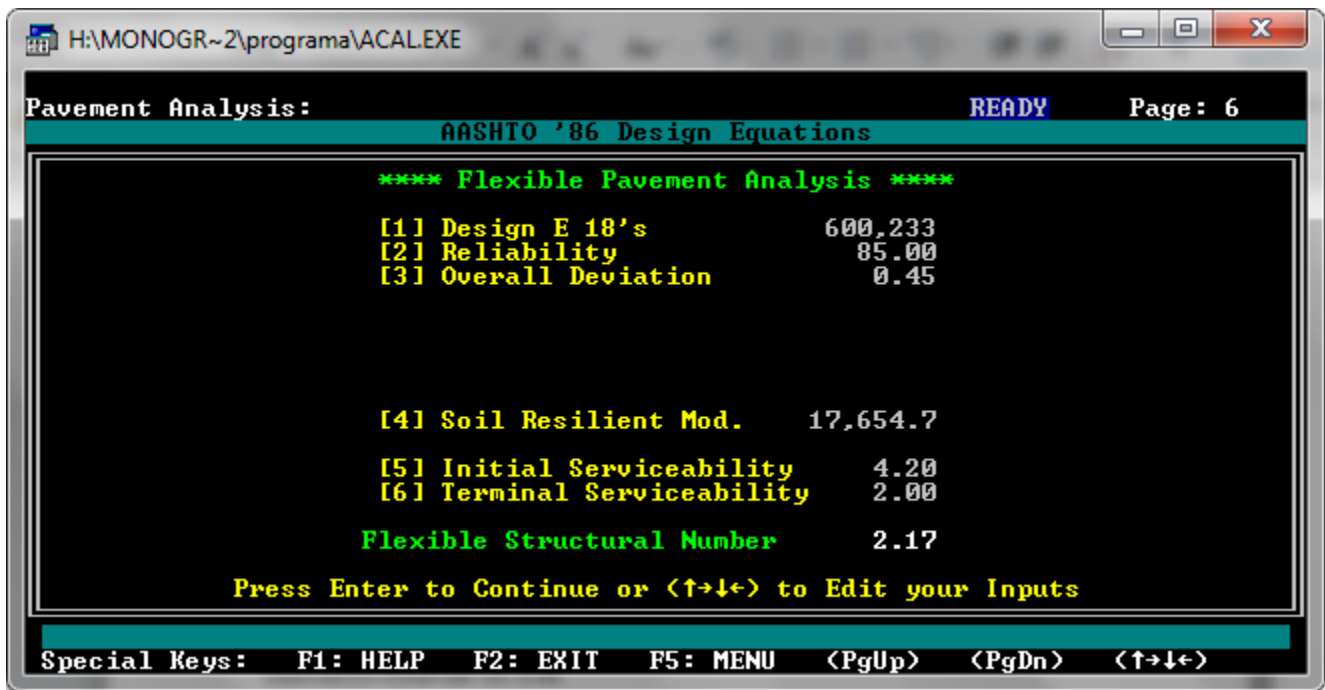
Anexo III – 10: Corrida de Programa y Verificación de los Espesores:

Diseño 1:





Diseño 2:



**Rectificación Diseño 2:**

