



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

**Monografía.**

**“DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO, POR EL MÉTODO DE LA AASHTO-98 EN  
EL TRAMO DE 650 METROS DE CALLE DEL BARRIO CARLOS NÚÑEZ”**

Para optar al título de ingeniero civil

**Elaborado por**

Br. Geovanny Enmanuel Morza Castillo.

Br. Fernando José Melgara Moreno.

**Tutor**

Ing. Israel Morales

Managua, Octubre 2016.

## **DEDICATORIA.**

Primeramente, a Dios por permitirme llegar a este punto tan importante de mi vida. Por darme siempre la sabiduría, fortaleza y paciencia para lograr perseverar y superarme cada día.

A **Alba Moreno** y **Eduardo Herrera** por ser mis padres y siempre estar ahí para mí, porque me han brindado su apoyo y por lo mucho que han sacrificado, gracias por su amor incondicional y por inculcarme los valores para ser un hombre de bien. Porque gracias a ustedes he llegado a cumplir con las expectativas y metas que me he propuesto.

A toda mi familia por siempre apoyarme y aconsejarme a lo largo de mi carrera, por brindarme siempre una mano amiga cuando estuve en dificultades.

A todas las personas que Dios puso en mi camino por que es gracias a todos ustedes que he podido recorrer este camino. A todos ustedes les agradezco su tiempo y atención.

*Fernando José Melgara Moreno.*

## **DEDICATORIA.**

Gracias a DIOS primeramente que me ha permitido llegar hasta este lugar y que siempre ha estado a mi lado, sin el nada de esto hubiese sido posible porque solo él nos permite lograr nuestras metas cuando confiamos en él.

A **JOSE IGNACIO GUTIERREZ ALVARADO**, mi abuelo quien fue esa persona que me dio un motivo el día a día, una manera de pensar distinta, que no me diera por vencido en mis metas que el tiempo pasa rápido y que si lo creemos en lo que nos proponemos lo podemos lograr, él siempre fue mi inspiración durante todo este tiempo. A toda mi familia por siempre apoyarme y aconsejarme a lo largo de mi carrera, por brindarme siempre una mano amiga cuando estuve en dificultades.

Tuve la dicha de haber tenido dos familias en una y es para mí algo muy lindo saber que ambas me inspiraron a poder llegar hasta aquí, esas personas que me decían que la vida es de luchar por poder llegar hasta donde nosotros nos imaginemos.

A todas las personas que Dios puso en mi camino por que es gracias a todos ustedes que he podido recorrer este camino. A todos ustedes les agradezco su tiempo y atención. A mis profesores que todos influyeron en mi formación desde que empecé a crecer como un profesional.

La paciencia es amarga, pero su fruto es dulce (Jean-Jacques Rousseau).

*Geovanny Enmanuel Morza Castillo.*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios porque él nos permitió llegar a este momento tan especial en nuestras vidas, por darnos sabiduría, dirección y sobre todo las fuerzas día a día para seguir nuestra meta. Por estar rodeados de personas que siempre nos apoyaron de alguna forma u otra esto no fue fácil pero poco a poco lo hemos logrado.

**A nuestros familiares** que ellos son los principales en nuestra lucha que tuvimos durante todos estos largos años que influyeron en nuestra formación para poder lograr nuestra meta.

Agradecer al **Ing. Israel Morales** por su apoyo en esta trayectoria que paso al lado de nosotros el cual nos brindó todos sus conocimientos que ha logrado a lo largo de sus años de experiencia estamos altamente agradecidos con él.

A las instituciones que estuvieron involucradas que ellas fueron parte fundamental en la obtención de información sin ellas esto no hubiese sido posible y que nos apoyaron desde que inicio hasta que concluimos.

A todos esos profesores que tuvimos en nuestra formación de 5 años de carrera el día a día que nos brindaban sus conocimientos y experiencias que han pasado, abrir nuestras mentes y enfoques de lo que queremos lograr que si lo creemos se puede muchas gracias.

Esto es un paso más a todo lo que podemos conseguir si lo creemos y lo proponemos lo podemos lograr, el tiempo pasa y no lo podemos tener, no lo desperdiciemos hagamos que cada momento valga.

Ve con confianza en la dirección de tus sueños. Vive la vida que has imaginado (Thoreau)

## **RESUMEN EJECUTIVO.**

El presente documento está enfocado a realizar un diseño de pavimento rígido de 650 metros de longitud, en el Barrio Carlos Núñez Municipio de Managua-Nicaragua. Para poder llegar al diseño se tiene que pasar por varias etapas; una de ellas, recopilación de la información necesaria del lugar en que se llevara a cabo dicho proyecto, es por eso que el presente documento se dividió por capítulos para tener un mejor desarrollo y comprensión.

### **Capítulo I: Generalidades.**

En este capítulo se desarrolla la introducción, localización del proyecto, antecedentes, justificación y objetivos que se pretenden alcanzar. Se realiza un enfoque para que el lector pueda analizar los detalles del porque la necesidad de este diseño y la ubicación del proyecto a ejecutarse.

### **Capítulo II: Estudio de Tránsito.**

En este capítulo tratamos las variables que estarán en función de los requerimientos necesarios para la vía, los cuales estarán en referencia a la cantidad de vehículos que se determinen en dicho lugar tales como TPDA, tasa de crecimiento, periodo de diseño, cargas de ejes equivalentes que estará sometida la vía, etc.

### **Capítulo III: Estudios Geotécnicos.**

Cuando se realiza un diseño de pavimento se debe considerar que tipo de suelo se encuentra en dicho lugar, en este capítulo abordaremos aspectos relacionados a los diversos ensayos, que se le hicieron a las muestras obtenidas para conocer sus propiedades físico- mecánicas de los suelos, las cuales se hicieron mediante sondeos de línea a lo largo del proyecto, se puede considerar también los bancos que se analizaron para poder cumplir requerimientos basados en las Normas AASHTO y la NIC – 2000.

#### **Capítulo IV: Diseño del Espesor de Pavimento.**

En este capítulo es donde hacemos un resumen de los requerimientos de la AASHTO 98 para poder alcanzar un espesor de pavimento que satisfaga las necesidades que estará sometido. En este caso nos apoyamos de un suplemento de la guía AAHSTO 98 que nos aportó CEMEX la cual si todos los parámetros que necesitan se cumplen él nos presentara el espesor de losa necesario para dicho proyecto.

#### **Capítulo V: Costo de la obra.**

En este capítulo estaremos hablando de una manera general de los costos que tendría dicho proyecto una vez se ejecute y la forma en que estarán distribuidos los gastos de la obra.

#### **Capítulo VI: Conclusión y recomendaciones**

En este capítulo es donde se hace un análisis de todos los datos obtenidos en los capítulos II, III, IV y V en base a nuestros objetivos planteados. En este se deben hacer observaciones, conclusiones, que logramos ver mediante se alcanzaron los resultados para así tener una mejor interpretación.

# INDICE

<b>CAPITULO I GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
FIGURA 1:1 PLANO DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	2
<b>1.2 ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
<b>CAPITULO II:ESTUDIO DE TRÁNSITO.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. INTRODUCCION.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 CLASIFICACION FUNCIONAL DE CARRETERAS.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Clasificación Vehicular .....</b>	<b>7</b>
2.3.1 Motocicletas.....	7
2.3.2 Vehículos livianos.....	7
2.3.3 Vehículos de Pasajeros Pesados.....	7
2.3.4 Vehículos Pesados de Carga.....	7
<b>2.4. CONTEO VEHICULAR.....</b>	<b>7</b>
<b>2.5. FACTOR DE AJUSTE DE 12 A 24 HORAS.....</b>	<b>9</b>
<b>2.6. TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL.....</b>	<b>11</b>
<b>2.7. DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL A PARTIR DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL.....</b>	<b>13</b>
<b>2.8. DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO DE DISEÑO (TD).....</b>	<b>17</b>
2.8.1 FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL (FAC).....	18
2.8.2 TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (TAC).....	18
2.8.3 PERÍODO DE DISEÑO.....	20
2.8.4 FACTOR DIRECCIÓN.....	20
2.8.5 FACTOR CARRIL.....	20
<b>2.9. CÁLCULO DEL ESAL'S DE DISEÑO .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPITULO III:ESTUDIO GEOTECNICO.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>24</b>
<b>3.2 TRABAJO DE CAMPO.....</b>	<b>24</b>
3.2.1 Trabajo de laboratorio.....	25
<b>3.3 SONDEOS DE LÍNEA.....</b>	<b>25</b>
3.3.1 Humedad Natural.....	26
3.3.2 Curva granulométrica.....	26
3.3.3 Análisis Granulométrico.....	26
<b>3.3.4 LIMITES DE CONSISTENCIA DE LOS SUELOS.....</b>	<b>27</b>
3.3.4.1 Plasticidad.....	27
3.3.4.2 Limite Líquido (LL).....	28
<b>3.3.4.3 Limite Plástico (LP).....</b>	<b>28</b>
3.3.4.4 Índice de Plasticidad (IP).....	28
<b>3.3.5 Clasificación de los suelos.....</b>	<b>28</b>
3.3.5.1 Método de la AASHTO M-145.....	28
3.3.5.2 Suelos Granulares.....	29

3.3.5.3 Suelos Finos.....	30
3.3.5.4 Pesos unitarios de los suelos.....	31
3.3.5.4.1 Peso unitario seco suelto:.....	31
3.3.5.4.2 Peso unitario seco compacto:.....	32
<b>3.4 ENSAYE DE COMPACTACIÓN DE SUELOS.....</b>	<b>33</b>
<b>3.5 ENSAYE DE C.B.R.....</b>	<b>35</b>
<b>3.6 BANCO DE PRÉSTAMO.....</b>	<b>37</b>
<b>CAPITULO IV PAVIMENTO .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 INTRODUCCION.....</b>	<b>39</b>
4.1.1 Pavimento Rígido.....	39
4.1.2 Tipos de Pavimento Rígido.....	40
<b>4.1.2.1 Pavimentos de hormigón Simple:.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1.2.2 Pavimentos Reforzados.....</b>	<b>41</b>
4.1.2.3 Pavimentos con Refuerzo Continuo.....	41
4.1.2.4 Pavimentos con hormigón presforzado.....	41
4.1.2.5 Pavimentos de hormigón Fibroso.....	42
<b>4.2. PARAMETROS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO .....</b>	<b>44</b>
4.2.1 PERIODO DE DISEÑO.....	44
4.2.2 EI ESAL“S.....	44
4.2.3 FACTOR DE DIRECCIÓN.....	45
4.2.4 FACTOR CARRIL.....	45
4.2.5 CLIMA.....	45
4.2.6 ESPESOR.....	45
4.2.7 SERVICIABILIDAD.....	46
4.2.7.1-El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po):.....	46
4.2.7.2 -El índice de serviciabilidad final (Pt):.....	46
4.2.8 TRÁNSITO.....	47
4.2.9 Confiabilidad.....	47
4.2.10 Desviación Estándar.....	48
4.2.10.1 Desviación Estándar Normal (Zr):.....	48
<b>4.2.11Propiedades PCC (Concreto de Cemento Portland) .....</b>	<b>50</b>
4.2.11.1Módulo de Ruptura de Concreto.....	50
4.2.12 Módulo de Elasticidad del concreto.....	51
4.2.13 Resistencia a la Subrasante.....	51
4.2.14 Modulo de reacción de la subrasante:.....	52
4.2.15 Modulo de Poisson para concreto.....	53
4.2.16 Temperatura.....	54
<b>4.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES.....</b>	<b>54</b>
4.3.1 Transferencia de carga. También.....	54
4.3.2 Perdida de soporte.....	55
4.3.2.1 Soporte de la losa.....	56
<b>4.4SECCIÓN TRANSVERSAL.....</b>	<b>56</b>
4.4.1Modulación de la losa.....	56
4.4.2Relación de Esbeltez.....	56
4.4.3 Juntas de Concreto.....	57
4.4.4 Aserrado.....	57
4.4.5 Corte de juntas.....	58
4.4.6 Sellado de juntas.....	58
4.4.7 Curado.....	58

4.4.8 Apertura del tráfico.....	59
4.4.9 Juntas Longitudinales.....	59
4.4.10 Juntas transversales de dilatación.....	60
4.4.11 Juntas transversales de contracción.....	61
4.4.12 Juntas transversales de construcción.....	61
<b>4.5 Resumen de Parámetros de Diseño para Software Basado en el Suplemento de la Guía AASHTO 1998 Brindado por la CEMEX. ....</b>	<b>62</b>
4.5.1 Datos Ingresados en el Suplemento de la Guía AASHTO 1998 Brindado por la CEMEX. ....	65
4.5.2 Espesor de Losa Calculado con el WINPAS12 .....	67
<b>CAPITULO V: COSTO DE LA OBRA. ....</b>	<b>68</b>
<b>5.1 INTRODUCCION.....</b>	<b>68</b>
<b>5.1 PRELIMINARES.....</b>	<b>69</b>
5.1.1 Limpieza inicial.....	69
<b>5.1.2 Trazo y Nivelación.....</b>	<b>70</b>
5.1.3 Señales Preventivas.....	70
<b>5.2 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN.....</b>	<b>70</b>
<b>5.3 MOVIMIENTO DE TIERRA.....</b>	<b>71</b>
5.3.1 Descapote:.....	71
5.3.2 Corte:.....	71
5.3.3 Relleno y Compactación.....	71
5.3.4 Replanteo Topográfico:.....	72
5.3.5 y 5.3.5.1 Acarreo de Materiales (selecto y hormigón):.....	72
5.3.6 Explotación de Bancos.....	72
<b>5.4 COSTO DE LOS MATERIALES.....</b>	<b>72</b>
<b>5.5 DEMOLICIONES Y RESTAURACIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>5.6 CARPETA DE RODAMIENTO.....</b>	<b>73</b>
5.5.1 Nivelación y Conformación.....	73
5.5.2 Terracería.....	73
5.5.3 Rodamiento:.....	74
<b>5.7 OBRAS DE DRENAJE.....</b>	<b>74</b>
5.7.1 Cunetas:.....	74
<b>5.8 OBRAS DE PROTECCIÓN:.....</b>	<b>74</b>
5.7.1 Gaviones:.....	74
<b>5.9 SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL.....</b>	<b>74</b>
<b>5.10 LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA.....</b>	<b>75</b>
5.10.1 Limpieza final:.....	75
5.10.2 Botar Escombros de Construcción.....	75
5.10.3 Entrega y detalles:.....	75
<b>5.10 COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.....</b>	<b>75</b>
5.11.1 Los costos indirectos.....	77
<b>5.11 ESPECIFICACIONES DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO.....</b>	<b>79</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>83</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>86</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>89</b>

## CAPITULO I GENERALIDADES.

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En el diseño de una carretera de pavimento, se debe tener en cuenta varios factores como son: la topografía del lugar, condiciones del suelo, estudio de tránsito que se tenga en el lugar y se quiera proyectar, el costo que este implique ya que es uno de los principales aspectos que en nuestro país genera limitantes sin olvidarnos también del clima presente que puede provocar cambios constantes.

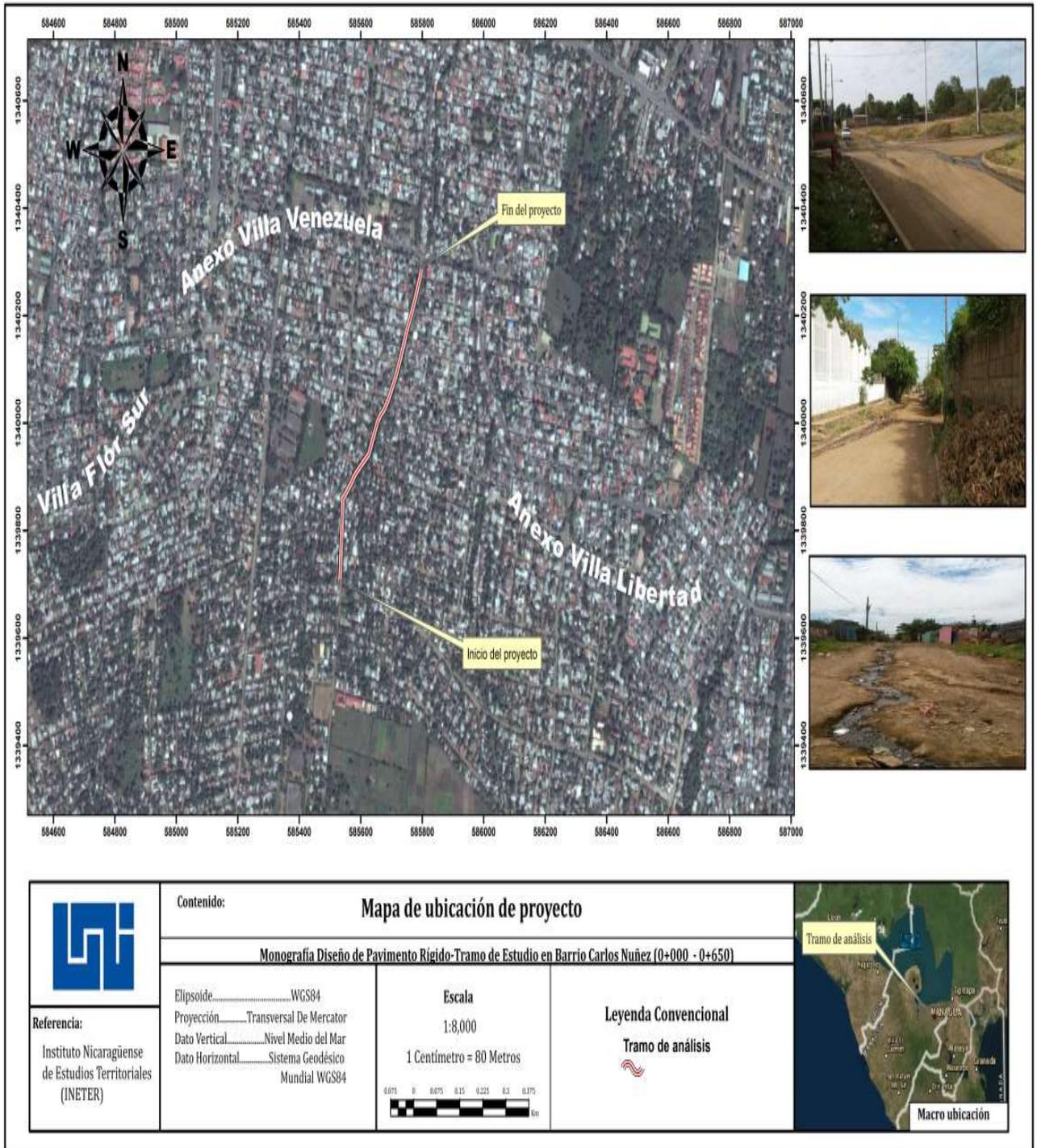
Con la creación de carreteras de concreto hidráulico en nuestro país, no solo se benefician los conductores, sino también la población en general tanto los habitantes del lugar como los de comunidades colindantes, el uso de este pavimento implica menos gasto en mantenimiento, ya que tiene una mayor durabilidad, presenta menos deformaciones, alta resistencia y mejores condiciones de manejo y frenado.

Los pavimentos los podemos clasificarlos en flexible, sema-rígido y rígido (concreto hidráulico). Actualmente en Nicaragua, el pavimento rígido es el más empleado, tal es el caso en el proyecto de Calles para el Pueblo, desarrollado por el gobierno municipal, ya que este es el que cumple muchos criterios antes mencionado.

Los diseños de pavimentos rígidos (o concreto hidráulico) su vida útil son mayores a los 20 años. Hayasaka Reyes, José (1996) en su Tesis Pavimento de Concreto Hidráulico de Carreteras menciona que “la construcción de pavimentos de concreto data desde 1981, en un tramo experimental de Bellefontaine, Ohio EU.”

En el barrio Carlos Núñez no existe ningún tipo de revestimiento por el cual se está diseñando un pavimento rígido, ya que es una inversión a largo plazo su calle al ser una calle cauce presentara un drenaje muy alto por lo que poner un tipo de pavimento que no fuese de concreto hidráulico este no sería lo suficiente resistente para estas condiciones que presenta la vía en el invierno.

FIGURA 1:1 PLANO DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.



Fuente: Elaboración propia de los Autores.

## 1.2 ANTECEDENTES.

En nuestro país las redes viales se han venido desarrollando de una manera significativa, es por eso que se debe reconocer la necesidad de un mejoramiento vial a nivel general no solo en las principales vías, sino también en las vías secundarias que generan accesos a pequeñas comunidades que en este caso los conocemos como barrios en el Municipio de Managua.

El tramo en estudio es muy vulnerable en la época de invierno por su topografía ya que es terreno natural y principalmente por la orientación de la vía, que es en el sentido por donde el agua drena, logrando dar lugar a que se genera lo que llamamos calle cauce es decir una vía totalmente sin acceso en condiciones en época de invierno, la mayoría del suelo presente que se encuentra a lo largo de la línea de la calle es un material que ha sido destinado como relleno para poder mejorar el acceso cuando esta queda intransitada por los daños causados por las lluvias esto provoca que se estratigrafía cambie.

Podemos destacar que por ser vías sin revestimiento es difícil la conexión de estas con las vías colindantes que poseen revestimiento, no solo afectando el alivio de tránsito, sino que afectando la integridad de los vehículos que la transitan. En barrios cercanos al Carlos Núñez del Distrito VII de Managua ya se han aplicado un diseño de concreto hidráulico mediante el programa calles para el pueblo que implementa la alcaldía de Managua, por lo cual este tramo de carretera queda a la espera de un mejoramiento para unir con los barrios colindantes que ya tienen en sus calles dicha carpeta de rodamiento.

El uso del concreto hidráulico en carretera en nuestro país podemos decir que es mayor a los 25 años, un ejemplo de ello podemos decir en el tramo que va desde los semáforos de la ceibita a los semáforos de linda vista cuyo pavimento no han requerido de mucho mantenimiento debido a su alta resistencia durabilidad y un buen comportamiento en condiciones de drenaje.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

El Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua (MTI) en conjunto con el departamento de servicios Municipales (Alcaldías) de Nicaragua en su misión de mejorar, promover el desarrollo socio-económico y calidad de vida de todos los habitantes de nuestro país, hacen un esfuerzo por promover la construcción y mejoramiento de calles, ya sean vías principales, secundarias y algunos accesos a las comunidades.

Este proyecto beneficiara a muchas familias del Barrio Carlos Núñez a los estudiantes del colegio "UNA CITA CON DIOS", ubicado en el distrito VII de Managua, en este lugar se dificulta el acceso vehicular día a día puesto que no posee una carpeta de rodamiento ya que la calle no cuenta con revestimiento, lo que ocasiona que se vea afectado el flujo vehicular cuando este está en épocas de invierno es su parte más críticas debido a sus condiciones topográficas.

El problema más crítico en este tramo es la existencia de una calle que en épocas de invierno adopta la forma de un cauce natural, que se orienta de norte a sur que dificultan el paso de los habitantes, ya que al ser el medio por donde se transporta el desagüe de las aguas pluviales, estas tienden a erosionarse, destruyendo dicha vía y dificultando su uso apropiado, en cierta parte de la calle se encuentra en paralelo con un cauce con revestimiento si esto se aprovecha podría ser utilizado para que la calle drene sus aguas pluviales.

El propósito de este proyecto en la parte social y económico es el de mejorar la calidad de vida en ese sector ya que reduce gastos de transporte, enfermedades que se puedan presentar por las condiciones en que se encuentra, una mayor confiabilidad bajo todas las condiciones climáticas que se presenten, un mejor acceso para vehículos livianos y pesados que pasan por la zona, así como a las comunidades vecinas a esta , en el área a construirse existe un colegio esto hace que los estudiante hagan uso de esta vía ahora tendrán una mejor condición ya que se estarían eliminando los impedimentos que puedan presentarse y de esta forma optimizar las condiciones para poder llegar a su centro de estudio.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

- Diseñar la estructura de pavimento rígido por medio del método de diseño convencional AASHTO-98 (**AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIAL**) en el Barrio Carlos Núñez.

### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un conteo vehicular en el sitio para conocer el tránsito, periodo de diseño, tipo de vehículo, tasa de crecimiento, y las cargas que estará sometida la estructura.
- Determinar las características físico -mecánicas de los suelos extraídos a lo largo de la línea del proyecto, así como los bancos de materiales que se utilizaran para el diseño de la estructura de pavimento.
- Diseñar la estructura de pavimento mediante el método convencional de la AASHTO 98 (**mediante el software basado en el suplemento de la guía de la AASHTO**), el cual responda a las cargas de diseño que estará sometido.
- Calcular el costo que tendría la obra utilizando un pavimento rígido en este tramo de carretera.

## CAPITULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO

### 2.1. INTRODUCCION

Probablemente la variable más importante en el diseño de una vía es el de tránsito pues si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son factores determinantes en el diseño de la estructura.

Este capítulo presenta un análisis volumétrico de tránsito que circula por la vía, así como el número y clasificación de los vehículos en un intervalo determinado de tiempo.

Definiendo el volumen de tránsito se puede conocer la carga a la que estará sometida la vía, por tanto, es posible definir un espesor de losa que sea satisfactorio para ser transitado.

### 2.2 CLASIFICACION FUNCIONAL DE CARRETERAS.

La clasificación funcional de las carreteras y caminos se define según la naturaleza del servicio que está destinadas a brindar, lo cual también define la clase de vehículos que suelen transitarlas, a su vez es clasificada en sistemas que denotan el grado en el cual esta desempeña su función.

Según su uso y funcionalidad las carreteras están clasificadas en 5 tipos:

1. Autopistas.
2. Carreteras.
3. Zonas industriales.
4. Urbanas principales.
5. Urbanas secundarias.

## 2.3 Clasificación Vehicular

Para la elaboración del conteo vehicular es necesario tener en cuenta las diferentes clases de transportes que transitan las vías, los cuales para simplificar su estudio se agrupan en cuatro categorías.

### 2.3.1 Motocicletas

Se incluyen todas las categorías de vehículos de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados, de uno o dos tripulantes.

### 2.3.2 Vehículos livianos

Son vehículos automotores de cuatro ruedas de más de un tripulante que incluyen automóviles, camionetas y microbuses de uso personal.

### 2.3.3 Vehículos de Pasajeros Pesados

Son vehículos pesados destinados al transporte público de pasajeros, con la característica de tener de 4 a más ruedas, incluyendo microbuses de más de 15 pasajeros, microbuses medianos de 25 pasajeros y autobuses medianos y grandes.

### 2.3.4 Vehículos Pesados de Carga.

Son los transportes destinados únicamente al transporte de cargas mayores de 3 toneladas, que constan más de 6 ruedas en más de 1 eje, llegando a ser de 2, 3, 4,5 y hasta más ejes.

## 2.4. CONTEO VEHICULAR.

Se realizó un conteo vehicular durante 12 horas, entre las 6 de la mañana a 6 de la tarde, a lo largo de la semana del lunes 15 de mayo al domingo 21 de mayo de 2016. Los datos levantados del conteo se ven reflejados en la **Tabla 1**.

**Tabla 1. Contabilización Vehicular.**

Barrió Carlos Núñez.										
Resumen semanal 12 horas (6:00 am – 6:00 pm)										
Mayo del 2016		Variación Diaria de volumen de tránsito.								
Fecha	Motos	Vehículos livianos			Pesado pasajeros			Pesado de carga.		
		Autos	Jeeps	Camioneta	Mic. bus	MB>15 pasaj.	Bus	C2Lv	C2>5Tn	T3S2
Domingo 15/05/16	60	30	10	46	0	2	0	5	8	0
Lunes 16/05/16	45	45	7	50	2	0	0	2	0	2
Martes 17/05/16	45	28	7	46	0	0	2	0	2	0
Miércoles 18/05/16	50	29	5	44	0	2	0	2	7	0
Jueves 19/05/16	55	46	10	38	2	0	2	0	0	2
Viernes 20/05/16	60	40	12	50	0	0	0	0	0	0
Sábado 21/05/16	48	30	10	47	2	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>363</b>	<b>248</b>	<b>61</b>	<b>321</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>4</b>

**Fuente: Elaborado por Autores.**

De lo contabilizado anteriormente se constató lo siguiente: El tipo de vehículo que predomina son los livianos, al mismo tiempo, se observó que el vehículo pesado de carga con mayor presencia fue el C2 liviano, durante la semana que se realizó el conteo.

## 2.5. FACTOR DE AJUSTE DE 12 A 24 HORAS.

El factor de ajuste es la relación del volumen vehicular de 24 horas entre el volumen vehicular de 12 horas de un mismo día. Su ecuación es:

**Ecuación 1:**

$$\text{Factor}_{\text{ajuste a 24hrs}} = \frac{\text{Vol. 24hrs}}{\text{Vol. 12hrs}}$$

Debido a la falta de seguridad en los sectores, se estimó el tránsito nocturno (es decir, de 6:00pm a 6:00am). El tránsito nocturno tiene un comportamiento igual casi toda la semana. Se seleccionaron los días martes y jueves con el mismo tránsito nocturno, para obtener un total de vehículos en 24 horas y obtener un factor de ajuste.

Por ejemplo, en este tramo, los autos contabilizados fueron para el día martes y jueves 106 y 78 respectivamente, considerando el tránsito nocturno, para las 24 horas, teniendo un total de 124 y 96 autos respectivamente. Luego, se procedió a dividir este total de vehículos de 24 horas entre los contabilizados en las 12 horas, dando como resultado un factor de ajuste de 1.17 para el día martes y 1.23 el día jueves. A continuación, se muestran los cálculos correspondientes a los automóviles en los días martes y jueves y el factor de ajuste promedio:

$$\text{Factor de ajuste (automóviles)}_{\text{martes}} = \frac{124 \text{ vehículos}}{106 \text{ vehículos}} = 1.17$$

$$\text{Factor de ajuste (automóviles)}_{\text{jueves}} = \frac{96 \text{ vehículos}}{78 \text{ vehículos}} = 1.23$$

$$\text{Factor de ajuste promedio (automóviles)}_{\text{jueves}} = \frac{1.17 + 1.23}{2} = 1.20$$

Calculado este valor, se procedió a determinar el factor de ajuste de cada tipo de vehículo, en los días donde se consideró el tránsito nocturno. En **la Tabla 2** se presentan los totales de vehículos contabilizados durante las 12 horas de la mañana, el nocturno y el total de 24 horas, y el factor resultante promedio del factor obtenido. Cabe mencionar, que como el tránsito nocturno tiene un comportamiento similar durante toda la semana, se consideró el factor calculado de cada vehículo aplicable a todos los días de la semana. En **la tabla 3** se puede observar el cálculo del tránsito a 24 horas y Tránsito Semanal. A continuación una breve ejemplo de lo antes mencionado con los automóviles:

$$\text{Tránsito Semanal} = 613 * 1.20 = \mathbf{736 \text{ vehículos}}$$

**Tabla 2. Cuento vehicular con tránsito Nocturno y factor de ajuste.**

Tipo Vehículo	Martes				Jueves				factor prom
	12h am	12h pm	24h	factor	12h am	12h pm	24h	factor	
Motos	135	25	160	1.19	96	25	121	1.26	1.23
Autos	106	18	124	1.17	78	18	96	1.23	1.2
Jeeps	7	1	8	1.14	6	1	7	1.17	1.16
Camioneta	25	2	27	1.08	28	2	30	1.07	1.08
Microbús	5	1	6	1.2	2	1	3	1.5	1.35
Microbús>15Pasj.	2	1	3	1.5	2	1	3	1.5	1.5
Autobús	0	0	0	n.a.	1	0	0	n.a.	n.a.
C2 Liv.	5	1	6	1.2	4	1	5	1.25	1.23
C2 > 5 ton	5	1	6	1.2	2	1	3	1.5	1.35
T3S2	1	0	1	n.a.	0	0	0	n.a.	n.a.

**Fuente: Elaborado por los Autores.**

**Tabla 3: Tránsito 24 horas y tránsito semanal (ts) con factor de ajuste.**

Fecha	Vehículos Livianos				Pesado Pasajeros			Pesados De Carga			TDi
	Motos	Autos	Jeeps	Camioneta	Mic. Bus	MB>15Pasj.	Bus	C2Lv	C2>5Tn	T3S2	
Domingo	70	61	9	13	3	1	0	3	3	1	164
Lunes	126	109	8	24	5	2	0	6	5	0	285
Martes	135	106	7	25	5	2	0	5	5	1	291
Miércoles	102	89	4	23	4	1	0	4	4	1	232
Jueves	96	78	6	28	2	2	1	4	2	0	219
Viernes	106	90	6	29	5	2	0	6	5	0	249
Sábado	91	80	4	20	3	1	0	5	3	1	208
TS <sub>12hrs</sub>	726	613	44	162	27	11	1	33	27	4	1648
Factor <sub>ajust.</sub>	1.23	1.2	1.16	1.08	1.35	1.5	n.a.	1.23	1.35	n.a.	
TS	893	736	51	175	36	17	1	41	36	4	1990

**Fuente: Elaborado por los Autores.**

## 2.6. TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL

Una vez calculado el tránsito de 24 horas de toda la semana con el factor obtenido de cada vehículo, se procedió a dividirlos entre el número de días que representa la semana, es decir, entre siete. Los resultados obtenidos de esta operación se pueden observar en la **Tabla 4**. Su expresión es la siguiente:

**Ecuación 2:**

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

Dónde:

TPDS: Tránsito Promedio Diario Semanal.

TS: Tránsito Semanal

**Ecuación 3:**

$$TS = \sum_{i=1}^d TD_i$$

TD: Tránsito Diario.

d: Días de la semana.

A continuación, se presenta el cálculo del tránsito Promedio Diario Semanal de los automóviles utilizando la **ecuación 3**:

$$TPDS_{\text{automóviles}} = \frac{893 \text{ automóviles}}{7 \text{ días}} = 128 \text{ automóviles/días}$$

Con el TPDS de cada vehículo, se procedió a calcular el TPDS global. La sumatoria de cada tipo de vehículo dio como resultado **284 vehículos**, esto representa el 100% de vehículos. El porcentaje de cada vehículo se calculó dividiendo el TPDS del tipo de vehículo entre el TPDS global. Como ejemplo, en el caso de las motocicletas fue:

$$\% \text{ Motos} = \frac{128 \text{ vehículos}}{284 \text{ vehículos}} * 100 = 45.1\%$$

**Tabla 4. Tránsito Promedio Diario Semanal.**

Fecha	Vehículos Livianos				Pesado Pasajeros			Pesados De Carga			TDi
	Motos	Autos	Jeeps	Camioneta	Mic. Bus	MB>15 Pasj.	Bus	C2Lv	C2>5Tn	T3S2	
Domingo	70	61	9	13	3	1	0	3	3	1	164
Lunes	126	109	8	24	5	2	0	6	5	0	285
Martes	135	106	7	25	5	2	0	5	5	1	291
Miércoles	102	89	4	23	4	1	0	4	4	1	232
Jueves	96	78	6	28	2	2	1	4	2	0	219
Viernes	106	90	6	29	5	2	0	6	5	0	249
Sábado	91	80	4	20	3	1	0	5	3	1	208
TS <sub>12hrs</sub>	726	613	44	162	27	11	1	33	27	4	1648
Factor <sub>ajust.</sub>	1.23	1.2	1.16	1.08	1.35	1.5	n.a.	1.23	1.35	n.a.	
TS	893	736	51	175	36	17	1	41	36	4	1990
TPDS	128	105	7	25	5	2	0	6	5	1	284

**Fuente: Elaborado por Autores.**

## 2.7. DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL A PARTIR DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL

En el análisis de volúmenes de tránsito, el TPDA se estima con base a la media muestral o Tránsito Promedio Diario Semanal, según la ecuación 4. Ésta ecuación, a su vez, está conformada por otras ecuaciones que determinarán los valores requeridos:

### Ecuación 4:

$$TPDA = TPDS \pm A$$

Donde A es la máxima diferencia entre el TPDA y el TPDS, que se calcula con la siguiente expresión:

### Ecuación 5:

$$A = KE$$

Dónde:

K: Número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado.

E: Error estándar de la media.

En la distribución normal, para niveles de confiabilidad del **90%** el valor constante K es 1.90. Estadísticamente se ha demostrado que los promedios de diferentes muestras de la misma población se distribuyen normalmente alrededor de la media poblacional, con una desviación estándar equivalente al error estándar (E). Por lo tanto, también se puede escribir que  $E = \hat{\sigma}$ .

La desviación estándar poblacional se representa por la letra griega  $\hat{\sigma}$ , que se puede encontrar en la siguiente ecuación:

**Ecuación 6:**

$$\hat{\sigma} = \frac{S}{\sqrt{n}} \left[ \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right]$$

Dónde:

S: Desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario o desviación estándar muestral.

n: Número de días del aforo.

N: Número de días del año.

La desviación estándar muestral (S) se calcula mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación 7:**

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - TS_{12horas}/7)^2}{n-1}}$$

Dónde:

$T_i$ : Volumen de tránsito del día i.

$TS_{12horas}$ : Tránsito Semanal de 12 horas.

Estos dos últimos elementos, intervienen en la ecuación 8, que representa la sumatoria de la diferencia entre ambas al cuadrado.

**Ecuación 8:**

$$\sum_{i=1}^n (T_i - TS_{12horas}/7)^2$$

En esta etapa se utilizó el conteo realizado de 12 horas. Como primer paso, se realizó la sumatoria de todos los vehículos para obtener el Tránsito de 12 horas ( $T_i$  12 horas) por día. Posteriormente, se sumó cada uno de los totales para conseguir el Tránsito Semanal de 12 horas ( $TS_{12horas}$ ) y calcular el promedio dividiéndolo entre

7. El cálculo del total de vehículos contabilizados para el día domingo se realizó de la siguiente forma:

$$TD_{12 \text{ horas}} (\text{Domingo}) = 70+61+9+13+3+1+0+3+3+1 = \mathbf{164 \text{ vehículos}}$$

Este mismo procedimiento se realizó a cada día de la semana. Luego de haber calculado el total de cada día, se procedió a calcular el tránsito diario de 12 horas (**auxiliarse de la tabla 5**).

$$TS_{12 \text{ horas}} = 164+285+291+232+219+249+208 = \mathbf{1648 \text{ vehículos}}$$

Una vez calculado los totales por día y Semana, se procedió a utilizar la ecuación 8, (siendo **235 vehículos** promedio), elevado al cuadrado, dando como resultado un valor de 5041, tal y como se puede observar en la tabla 5. Este valor se calculó de la siguiente manera:

$$\sum_{i=1}^n (TD_i - TS_{12 \text{ horas}}/7)^2 =$$

$$(164-235)^2 + (285-235)^2 + (291-235)^2 + (232-235)^2 + (219-235)^2 + (249-235)^2 + (208-235)^2$$

$$\sum_{i=1}^n (TD_i - TS_{12 \text{ horas}}/7)^2 = 5041+2500+3136+9+256+196+729 = \mathbf{11867}$$

Se procedió a calcular la desviación estándar muestral (S), cuyo resultado fue de 44. Este valor fue obtenido mediante el despeje de la ecuación 8 en la ecuación 7, y cuya variable faltante “n” (siendo este 7), correspondiente a la semana involucrada:

$$S = \sqrt{\frac{11867}{6}} = 44.4 \approx \mathbf{44}$$

Subsiguientemente, con la ecuación 6 se calculó el estimador de la desviación estándar poblacional ( $\hat{\sigma}$ ), siendo  $N$  los 365 días del año,  $n$  los 7 días de la semana, y la desviación estándar muestral, de los cuales se expresa en seguida:

$$\hat{\sigma} = \frac{44}{\sqrt{7-1}} \left[ \sqrt{\frac{365-7}{365-1}} \right] = 17.78 \approx \mathbf{18}$$

Después se calculó la máxima diferencia entre e TPDS y TPDA, el cual depende de dos variables. El número de desviaciones estándar ( $K$ ) correspondiente a un nivel de confiabilidad de 90% tiene un valor de **1.9**. El error estándar de la media ( $E$ ), equivale a  $\hat{\sigma}$ , es decir, **18**. El desarrollo de su ecuación es:

$$E = \hat{\sigma} = \mathbf{18}$$

$$A = 1.9 * 18 = 33.8 \approx \mathbf{34}$$

Finalmente, se usó la **Ecuación 4** que involucra al TPDS (siendo 185 vehículos/día), y  $A$  (obtenido anteriormente). Se obtuvieron 2 resultados: un mínimo de 250 y un máximo de 318, de los cuales se selecciona el mayor, con el objetivo de atender a la mayor demanda posible para el diseño. A continuación, se presenta el desarrollo de la **Ecuación4**:

$$TPDA_{\text{Min}} = 284 - 34 = 250$$

$$TPDA_{\text{Max}} = 284 + 34 = 318$$

Expresado en rango es:

$$\mathbf{250} \text{ vehículos mixtos/días} \leq TPDA \leq \mathbf{318} \text{ vehículos mixtos/días}$$

Luego de encontrar el TPDA global, se multiplica este valor por el porcentaje que representa cada tipo de vehículo, encontrando el TPDA por vehículo. Estos cálculos realizados pueden observarse en la **Tabla 5**.

**Tabla 5. Resumen de Resultados de TPDA.**

Barrio Carlos Núñez												
Resumen semanal 12 horas (6:00 am – 6:00 pm)												
Abril de 2016		Variación Diaria del volumen de tránsito										
Fecha	Vehículos livianos				Pasajeros Pesados			Pesados Carga			TDi	(TDi TS <sub>12horas</sub> /7) <sup>2</sup>
	motos	Autos	Jeep	Camioneta	Mic. Bus	MB>15 pasajeros	Bus	C2Lv	C2>5ton	T3S2		
Domingo	70	61	9	13	3	1	0	3	3	1	164	5041
Lunes	126	109	8	24	5	2	0	6	5	0	285	2500
Martes	135	106	7	25	5	2	0	5	5	1	291	3136
Miércoles	102	89	4	23	4	1	0	4	4	1	232	9
Jueves	96	78	6	28	2	2	1	4	2	0	219	256
Viernes	106	90	6	29	5	2	0	6	5	0	249	196
Sábado	91	80	4	20	3	1	0	5	3	1	208	729
TS <sub>12hrs</sub>	726	613	44	162	27	11	1	33	27	4	1648	11867
Factor <sub>ajust</sub>	1.23	1.2	1.16	1.08	1.35	1.5	n.a	1.23	1.35	n.a		
TS	893	736	51	175	36	17	1	41	36	4	1990	
TPDS	128	105	7	25	5	2	0	6	5	1	284	
%	4521	37.0	2.5	8.8	1.8	0.7	0.0	2.1	1.8	0.4	100	
TPDA	143	118	8	28	6	2	0	7	6	1	318	

**Fuente: Elaborado por Autores.**

## 2.8. DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO DE DISEÑO (TD)

El cálculo del tránsito de diseño, requiere de distintas variables para su obtención. Estos están reflejados en la ecuación 9.

**Ecuación 9:**

$$TD = TPDA * FCA * FD * FC$$

Dónde:

FCA: Factor de Crecimiento Anual

FD: Factor dirección

FC: Factor carril.

### 2.8.1 FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL (FAC)

Con la estimación de la tasa de crecimiento, es probable que se incremente la cantidad de vehículos livianos más rápidamente que los vehículos pesados como: buses, C2, C3, y mayores. Por otra parte, el tráfico liviano no tiene incidencia en el comportamiento del pavimento.

El Factor de Crecimiento Anual es un valor que depende de la tasa anual de crecimiento y del período de diseño. Para determinarlo, se utiliza la ecuación 10.

**Ecuación 10:**

$$FCA = \frac{(1 + TCA/100)^n - 1}{TCA/100} * 365$$

Dónde:

FCA: Factor de Crecimiento Anual

n: vida útil en años

TCA: Tasa de Crecimiento Anual en %

365: Días del año.

El factor de crecimiento Anual se calculó mediante la ecuación 10. Previamente se determinaron los valores de la Tasa Anual de Crecimiento y Período de Diseño.

### 2.8.2 TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (TAC)

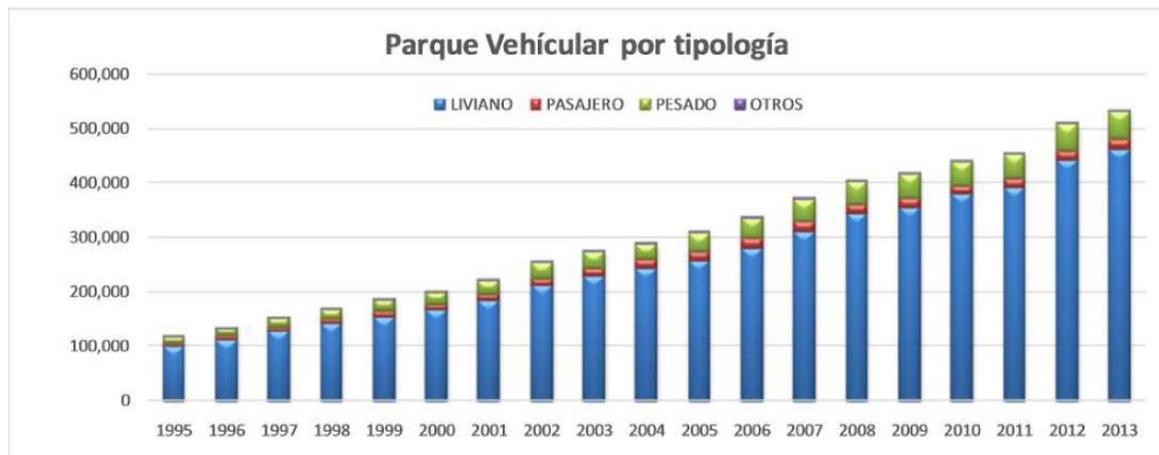
Es el incremento anual de volumen de tránsito de una vía, expresado en porcentaje. El objetivo principal de una proyección es la cuantificación del volumen de tránsito que hará uso de la vía en donde se va a implementar el proyecto. Se determina por medio de datos estadísticos, por mencionar algunas variables: el crecimiento del

parque vehicular, Producto Interno Bruto (PIB), valor Bruto de producción de obras de Ingeniería, crecimiento poblacional, compra de bienes y servicios, consumo de combustibles.

El MTI (2013-2014), en su informe Anuario de Aforos de Tráfico, menciona que conforme a estadísticas de la Policía Nacional de Tráfico el parque vehicular en el país en el año 2013 es de 534,931 vehículos en 4.55% más que el año 2012. Mientras que del 2013 al 2014 hubo un incremento del 7.71%. La composición es de 86.52% corresponden a vehículos livianos, 3.27% de pasajeros, 9.60% pesados y el 0.61% a otros. La mayor concentración vehicular se encuentra en la ciudad capital Managua con el 51.61% correspondiéndole 276,090 vehículos para el 2013.

En el siguiente gráfico, se presenta el crecimiento del parque vehicular desde el año 1995 al 2013, por tipología vehicular, en el cual se observa que el mas representativo son vehículos livianos.

**Gráfica 1. Crecimiento del Parque Vehicular desde el año 1995 al 2013, por Tipología Vehicular.**



**Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2013.**

Se seleccionó una tasa Anual de crecimiento del 2.5% correspondiente al porcentaje estipulado en la AASHTO, siendo un crecimiento normal. (Ver Anexo Tabla I). El

cual se consideró un crecimiento Normal por el tipo de vía que está siendo diseñada que presenta esta característica de no poseer un alto crecimiento y en consideración al crecimiento del parque vehicular.

### 2.8.3 PERÍODO DE DISEÑO

El término “período de diseño” se considera frecuentemente como sinónimo del término “período de análisis de tránsito”. Es difícil predecir el tránsito con suficiente aproximación para un tiempo largo, por lo que comúnmente se toma un lapso de 20 años como período para el diseño de pavimentos rígidos. El tipo de carretera corresponde a una Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito, cuyo rango de período de diseño es entre 15 a 25 años. Se seleccionó un período de **20 años**. (Ver Anexo Tabla II).

Una vez determinados la tasa de crecimiento y el período de diseño, se procedió a calcular el Factor anual de Crecimiento con la ecuación 10:

$$FCA = \frac{(1+2.5/100)^{(20)} - 1}{2.5/100} * 365 = 9323.80$$

### 2.8.4 FACTOR DIRECCIÓN.

Es el factor del total del flujo vehicular censado, siendo este en la mayoría de los casos 0.5, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra parte en la dirección opuesta. También señala que puede deducirse del conteo de tránsito efectuado. Este valor está definido en la **Ver Anexo Tabla III**, cuyo valor corresponde a 0.5 para carreteras de 2 carriles.

### 2.8.5 FACTOR CARRIL

El carril de diseño es aquel que recibe el mayor número de cargas. Para un camino de dos carriles (un sentido cada uno), cualquiera puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por sentido forzosamente se canaliza en ese carril (siendo en este caso FC = 1). Para vías de más de un carril, el carril de diseño es el externo, dado

que los vehículos pesados transitan por el mismo. FC puede variar entre 1 y 0.5 (100% al 50%). Ver **Anexo Tabla IV**. El valor derivado por las características de la carretera es del 100% (según la **Tabla IV**), es decir, todo el flujo vehicular en un sentido pasa en un solo carril.

Finalmente, teniendo los valores requeridos por la **ecuación 9**, se procedió a sustituirlos. En el caso de:

$$TD = TPDA * 9323.80 * 0.5 * 1 = \underline{TPDA * 4661.9}$$

Este procedimiento se realizó para cada vehículo cuyos resultados se reflejan en la **Tabla 6** la moto no se considera porque es mínimo su ESAL'S.

**Tabla 6. Resumen de Resultados de Transito de Diseño.**

Barrio Carlos Núñez				
Vehículos		TPD A	Factor de crecimie nto Anual	Tránsito de diseño
Vehículo s Livianos	Autos	118	9323.80	550104
	Jeeps	8	9323.80	37295
	Camione ta	28	9323.80	130533
	Mic. Bus	6	9323.80	27971
Pesado de Pasajero s	MB>15P asj.	2	9323.80	9324
	Bus	0	9323.80	0
Pesados De Carga	C2Lv	7	9323.80	32633
	C2>5Tn	6	9323.80	27971
	T3S2	1	9323.80	4662
	Total	161		820494
Factor Direcció n	0.5		<b>Factor Carril</b>	1

Fuente: Elaborado por Autores.

## 2.9. CÁLCULO DEL ESAL'S DE DISEÑO

El cálculo de los ejes equivalentes de carga (ESAL) involucra variables tales como: el TPDA por vehículo, la serviciabilidad final (Pt) de la carretera (cuyo valor es **2**, para caminos de tránsito menor **Ver Anexo Tabla V**), y el espesor propuesto inicial de losa en pulgadas.

Las tablas **V, VI, VII en Anexos** representan los factores equivalentes de carga según el tipo de eje (simples, tándem o tridem respectivamente) y el Pt. En la **Tabla IX**, se encuentran el factor ESAL por cada eje de vehículo (extraídos de la **Tabla VIII**) y su sumatoria. Este valor, fue multiplicado por el número de vehículos que representa cada tipo por su correspondiente factor ESAL, calculándose en la siguiente ecuación:

### Ecuación 11:

$$ESAL's = \text{Factor ESAL's} * TD$$

Donde:

TD es el tránsito de diseño (por vehículo).

Factor ESAL's de Autos/Camionetas/Jeep: 0.000760 (**Ver Anexo Tabla IX**)

Tránsito de diseño: 508,147 vehículos (extraído de **Anexo Tabla VIII**)

$$ESAL's = 0.000760 * 550104 = 418 \text{ Esal's}$$

Posteriormente se sumaron los resultados de todos los ESAL's por vehículos. Este procedimiento se realizó por cada tipo de vehículo dando como resultado 175,958 ESAL's, reflejado en **Tabla 7**.

**Tabla 7. Resumen de Factores ESAL Calculados.**

Barrio Carlos Núñez				
Vehículos		Tránsito de diseño	Factor ESALs	ESALs de Diseño
Vehículos Livianos	Autos	550104	0.000760	418
	Jeeps	37295	0.000760	28
	Camioneta	130533	0.000760	99
	Mic. Bus	27971	0.035200	985
Pesado de Pasajeros	MB>15Pasj.	9324	2.456500	22904
	Bus	0	0.145250	0
Pesados De Carga	C2Lv	32633	2.456500	80164
	C2>5Tn	27971	2.649500	74110
	T3S2	4662	4.560500	21261
			<b>ESAL'S TOTAL</b>	<b>199969</b>

**Fuente: Elaborado por Autores.**

## CAPITULO III: ESTUDIO GEOTECNICO

### 3.1 INTRODUCCIÓN.

Para realizar un estudio Geotécnico se debe tener en cuenta el tipo de suelo que se dispone para eso es necesario saber su clasificación mediante diversos ensayos basados en Normas nacionales como extranjeras en Nicaragua el más utilizado es el H.R.B (Highway Research Board) ASTM D-3282 (**AASHTO M-145**) y el método S.U.C.S (Sistema unificado de clasificación de suelos) **ASTM D-2487** en este estudio clasificaremos por el método de la **AAHTO M-145**.

Este capítulo tiene como objetivo principal el de presentar todos los procedimientos y resultados que se llevaron a cabo en cada muestra que se obtuvo mediante los sondeos de línea, así como los banco que se tomaran en cuenta para dicho proyecto, en este caso el banco de Nejapa (Hormigón rojo) y el banco de Matecsa (Material Selecto) para ser utilizado en el tramo de 650 metros de carretera en el Barrio Carlos Núñez ubicado en Managua, Municipio de Managua.

### 3.2 TRABAJO DE CAMPO.

Para poder determinar las propiedades físicas-mecánicas de los suelos fue necesario realizar sondeos manuales a lo largo de la línea del proyecto.

Los sondeos manuales se hicieron mediante el siguiente equipo palin doble, barra, pala, etiquetas bolsas y una cinta para medir la profundidad que no fuese mayor a 1.50 metros, en base a cambios que tuviera dicha excavación se tomaba una muestra, se hacía una descripción visual o registro de la estratigrafía su profundidad, ubicación, número de muestra, todo esto en una etiqueta y puestas en bolsas.

En los bancos a utilizar se hizo un muestreo de estos obteniendo así una cierta cantidad de material para poder llevar a cabo todos sus ensayos para conocer sus propiedades físicas -mecánicas.

**Tabla 8: Trabajo de Campo**

Actividad	Designación ASTM	Designación AASHTO	Cantidad de ensayos Efectuados
Sondeos manuales con profundidad de 1.50 m	D 420	T 86	9
Fuentes de materiales.	D 420	T 86	2

**Fuente: Elaboración por autores.**

### 3.2.1 Trabajo de laboratorio.

Todos los ensayos que se realizan deben estar conforme a las Normas AASHTO y ASTM los cuales están designados de la siguiente manera **Ver Anexo Tabla X.**

### 3.3 SONDEOS DE LÍNEA.

En la realización de los sondeos manuales se realizaron un total de nueve (9) sondeos con un total de veintiséis (26) muestras representativas de los diferentes estratos de materiales encontrados, la ubicación de estos sondeos se hizo de manera alterna al centro, a la derecha y a la izquierda de la línea del tramo. La distancia entre cada sondeo era aproximadamente de 100 metros, pero en los lugares más críticos se realizaron sondeos debido al comportamiento del suelo a nivel superficial, resultando así 9 sondeos todos a una profundidad de 1.50 metros.

**Ver en Anexo Tabla XI**

**Tabla 9: Resumen de Actividades Realizadas.**

Actividad	Estudio hecho en Marzo	Total
Sondeo de línea	9	9
Muestras tomadas	26	26

**Fuente: Elaboración por Autores.**

### 3.3.1 Humedad Natural.

La humedad natural es una relación gravimétrica definida como la relación existente entre el peso del agua y el peso de los sólidos en un volumen dado de suelo. En la mayoría de los casos, la humedad natural es expresada en porcentaje basándonos en la norma ASTM C 566-84 **Ver Anexo Tabla XII**.

La humedad natural es una propiedad física del suelo es de gran utilidad en la construcción civil y se obtiene de una manera sencilla, pues el comportamiento y la resistencia de los suelos en la construcción están regidos, por la cantidad de agua que contienen, se expresa mediante la ecuación 12.

#### Ecuación 12:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso de muestra húmeda} - \text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra seca}} * 100$$

### 3.3.2 Curva granulométrica.

Tomando en cuenta el peso total y los pesos retenidos, se procede a realizar la curva granulométrica, con los valores de porcentaje retenido que cada diámetro ha obtenido. La curva granulométrica permite visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que tienen los tamaños de grano (diámetros) de las partículas.

### 3.3.3 Análisis Granulométrico.

Se denomina clasificación granulométrica a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

Para su realización se utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que son ensamblados en una columna. En la parte superior, donde se encuentra el tamiz de mayor diámetro, se agrega el material original (suelo o sedimento mezclado) y la columna de tamices se somete a vibración y movimientos rotatorios intensos en una máquina tamizadora. En este caso los que pasan por la malla 200(0.074mm) son

conocidos como limos y arcillas, Arena los que pasan la No 4 y retenidos por la malla No 200 y grava los retenidos por la malla No 4.

Tamices (**3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/5", 1/4", No 4, No 10, No 40, No 60, No 100, No200**).

Desde el punto de vista de la mecánica de suelos, un material heterogéneo se considera bien graduado, y sus propiedades mecánicas ofrecen mayor calidad. Un material homogéneo se considera mal graduado, sus propiedades mecánicas son deficientes.

### 3.3.4 LIMITES DE CONSISTENCIA DE LOS SUELOS.

#### 3.3.4.1 Plasticidad.

Es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las épocas. Las arcillas presentan esta propiedad en grado variable, para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ello separo los 4 estados de consistencia de los suelos coherentes.

Los mencionados límites son límite líquido (LL) límite plástico (LP) y límite de contracción (LC) y mediante de ellos se puede dar una idea del tipo de suelo en estudio. Todos los límites de consistencia se determinan empleando suelo que pase la malla número 4 la diferencia entre los valores del LL y el LP da el llamado IP del suelo. Los límites líquidos y plásticos dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo, pero el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla.

Cuando no se puede determinar el límite plástico de un suelo se dice que es no plástico (N.P) y en este caso el índice plástico se dice que es igual a cero. El índice de plasticidad indica el rango de humedad en el cual los suelos con cohesión tienen propiedades de un material plástico.

#### 3.3.4.2 Limite Líquido (LL)

El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. Según Atterberg, los suelos plásticos presentan en su límite líquido una resistencia al corte muy pequeño, con un valor de 25 gr/cm<sup>2</sup>.

#### 3.3.4.3 Limite Plástico (LP)

Se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

#### 3.3.4.4 Índice de Plasticidad (IP).

Se conoce como la diferencia numérica entre los límites líquidos y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico se calcula mediante la ecuación 13.

#### **Ecuación: 13**

$$IP: LL-LP$$

Mediante los ensayos realizados se obtuvo que los suelos que presentan plasticidad son en la EST 0+350 sondeo 6, EST 0+400sondeo 7 y la EST 0+500 sondeo 8 ver resultados en los **Anexos Tablas XIII**.

#### **3.3.5 Clasificación de los suelos.**

##### 3.3.5.1 Método de la AASHTO M-145

El requerimiento de parámetros de diseño correspondientes a las características del suelo, determina que la clasificación de suelos se realice por el Método AASHTO (M 145), principalmente con el fin de obtener el Índice de Grupo **Ver Tabla XIII en Anexo, Resultados de la Granulometría**.

Este método clasifica a los suelos, de acuerdo a su composición granulométrica, su límite líquido y su índice de plasticidad, en siete grupos de **A-1** a **A-7**. Los suelos cuyas partículas pasan el tamiz No. 200 (0,075 mm) en un porcentaje menor al 35 %, forman los Grupos **A1**, **A2**, **A3** y los subgrupos que corresponden. En cambio los

suelos finos limo-arcillosos que contienen más del 35 % de material fino que pasa el Tamiz No. 200, constituyen los Grupos **A-4, A-5, A-6, A-7** y los correspondientes subgrupos.

La ventaja de este método radica en la posibilidad de evaluar la calidad del suelo a través del “Índice de Grupo”. Los suelos que tienen similar comportamiento se encuentran en el mismo grupo y están representados por un determinado Índice.

Los índices de grupo de los materiales granulares están comprendidos entre 0 y 4, los correspondientes a suelos limosos entre 8 y 12, y los correspondientes a suelos arcillosos entre 11 y 20 o un número mayor.

El índice de grupo debe ser escrito entre paréntesis, su valor puede ser determinado mediante la ecuación 14:

**Ecuación 14:**

$$IG = (F-35) * (0.2+0.005*(WL-40)) + 0.01 (F-15) (IP-10)$$

Dónde: F = Porcentaje que pasa el tamiz No. 200

LL = Límite Líquido

IP = Índice de Plasticidad

### 3.3.5.2 Suelos Granulares

Son todos aquellos que tienen el 35% o menos del material fino que pasa por el tamiz No. 200, estos a su vez forman los grupos **A-1, A-2, A-3**.

**Grupo A-1:** son mezclas de suelos bien gradados de fragmentos de piedra, grava, piedra, arena y material ligante poco plástico, se incluyen también en este grupo mezclas bien gradadas que no tienen material gradante.

**Sub grupo A-1a:** son materiales formados por roca, grava con o sin material ligante.

**Sub grupo A-1 b:** Son materiales formados por arena gruesa bien gradada con o sin ligante.

**Grupo A- 2:** comprende una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% del material fino y que no pueden ser clasificados como **A-1 y A-3**. Este grupo se subdivide en **A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7**.

**Grupo A-3:** en este grupo se encuentran incluidas las arenas finas de playa y aquellas que tengan poca cantidad de limo y que no tengan plasticidad.

### 3.3.5.3 Suelos Finos

Son aquellos suelos limo – arcillosos que tiene más del 35% que pasa por el tamiz No. 200, a este tipo de suelos les corresponde los grupos **A-4, A-5, A-6, A-7**.

**Grupo A- 4:** son suelos limosos poco o nada plásticos, que tiene un 75% o más de material fino que pasa del tamiz No. 200, así mismo se incluyen mezclas de limo con grava y arena en un 64%.

**Grupo A-5:** son suelos semejantes al grupo **A-4**, son elásticos y tienen un límite líquido elevado.

**Grupo A – 6:** a este grupo le pertenecen las arcillas plásticas, por lo menos el 75% de estos suelos deben pasar el tamiz No. 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo – arenosas, cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%.

**Grupo A- 7:** los suelos de este grupo son semejantes al grupo A-6, pero son elásticos, sus límites líquidos son elevados y se subdividen en **A-7-5 y A-7-6**. El índice de plasticidad del sub grupo A-7-5 es igual o menos a  $LL - 30$  y el del sub grupo A-7-6 es mayor que  $LL - 30$ .

**Sub-grupo A-7-5:** Incluye suelos cuyo índice de plasticidad es relativamente pequeño en relación al límite líquido. Su cambios de volumen y su elasticidad son grandes como corresponde a los suelos del grupo **A-7**, pero menores que en los suelos del sub-grupo **A-7-5**.

**Sub-grupo A-7-6:** incluye los suelos cuyo índice de plasticidad es pequeño en relación con su límite líquido. Los suelos de este sub-grupo tienen cambios de volumen extremadamente grandes y son también elásticas.

Los grupos **A-1-b**, **A-1-b**,**A-2-4**,**A-2-5** y **A-3** son satisfactorios como cimientos si están adecuadamente drenados y consolidados. Sobre ellos no es preciso disponer más que un firme de características adecuadas al tráfico, de un espesor moderado.

Los suelos de los demás grupo no son satisfactorios y son peores cuando mayor es el Índice de Grupo, requieren en general la localización de una capa de cemento entre el suelo y el pavimento propiamente dicho tanto más gruesa cuando peor sea el suelo.

Los suelos **A-4** tienen tendencia a absorber agua rápidamente, en cantidades tal que llega a hacerle perder su estabilidad, aunque no halla manipulación alguna. Tienen bastante capilaridad, por lo cual pueden sufrir entumecimiento en las regiones donde se producen heladas. Los suelos **A-5** son análogos pero más elásticos, lo cual dificulta notablemente su consolidación, sus cambios de volumen correlativos a los de humedad pueden producir también grietas en los pavimentos. Tanto en uno como en otro grupo el drenaje debe ser perfecto.

#### 3.3.5.4 Pesos unitarios de los suelos.

El peso específico unitario, es el peso de la muestra sobre un volumen definido del molde, viene a ser a la vez una constante de cada material, que sirve para transformar pesos a volúmenes o viceversa, principalmente en la dosificación de hormigones.

Existen dos valores para el peso unitario de un material granular, dependiendo del sistema que se emplee para acomodar el material; la denominación que se le dará a cada uno de ellos será peso unitario seco suelto (PVSS) y peso unitario seco compacto (PVSC). También los pesos unitarios nos sirven para determinar el porcentaje de huecos existentes en los áridos.

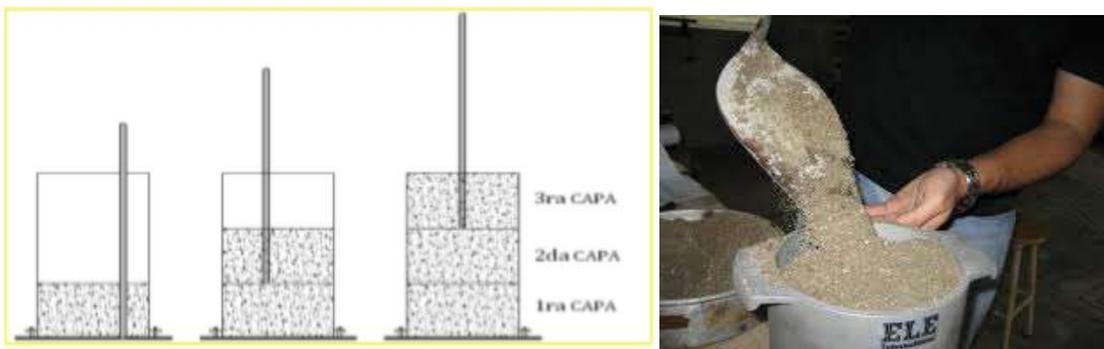
##### 3.3.5.4.1 Peso unitario seco suelto:

Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen, es decir, para conocer consumo de áridos por metro cúbico de hormigón.

### 3.3.5.4.2 Peso unitario seco compacto:

Este valor se usara para el conocimiento de volúmenes de materiales apilados y que esta sujetos acomodamiento o asentamiento provocados por el transito sobre ellos o por la acción del tiempo. También es de una utilidad extraordinaria para el cálculo de porcentaje de vacíos de los materiales.

**Figura 2: Pesos Unitarios de los Áridos.**



**Fuente: Norma ASTM C 29 Y AASHTO T 19**

Se calculan los Peso Unitario Secos Suelto y Peso Unitario Compacto con la ecuacion15 y la Ecuación 16.

#### **Ecuación 15:**

$$PVSS \text{ (kg/m}^3\text{)}: \frac{(\text{Peso del Material Suel Recipiente}) - (\text{Peso del Recipiente})}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

#### **Ecuación 16:**

$$PVSC \text{ (kg/m}^3\text{)}: \frac{(\text{Peso del Material Suel Recipiente}) - (\text{Peso del Recipiente})}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

### 3.4 ENSAYE DE COMPACTACIÓN DE SUELOS.

En mecánica de suelos, el ensayo de compactación el Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada. **Ver Anexo Tabla XV.**

Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor Standard", y el "Ensayo Proctor Modificado". La diferencia entre ambos se encuentra en la energía utilizada, la cual se modifica según el caso variando el número de golpes, el pisón (cambia altura y peso), el molde y el número de capas.

Ambos ensayos se deben al ingeniero que les da su nombre, Ralph R. Proctor (1933), y determinan la máxima densidad que es posible alcanzar para suelos, en determinadas condiciones de humedad y energía.

El ensayo consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen conocido, haciéndose variar la humedad para obtener la curva que relaciona la humedad y la densidad seca máxima a determinada energía de compactación. El punto máximo de esta curva corresponde a la densidad seca máxima en ordenadas y a la humedad óptima en abscisas.

**TABLA 10: Ensaye Proctor Estándar.**

Especificaciones para el ensayo Proctor Estándar (basadas en la norma 698-91 de la ASTM)				
CONCEPTO	METODO			
	A	B	C	D
Diámetro del molde (cm)	10.16	15.24	10.16	15.24
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.3	2124.0	943.3	2124.0
Peso del martillo o pisón (Kg)	2.5	2.5	2.5	2.5
Altura de caída del martillo (cm)	30.48	30.48	30.48	30.48
Numero de golpes del pisón por cada capa	25	56	25	56
Numero de capas de compactación	3	3	3	3
Energía de compactación (Kg-cm/cm <sup>3</sup> )	6.06	6.03	6.06	6.03
Suelo por usarse Pasa por	100% tamiz No.4	100% tamiz 3/8"	El 20% retiene No.4	Pasa 100 tamiz ¾"

**Fuente: Basadas en la Norma 698-91 de la ASTM**

**TABLA 11: Ensaye de Proctor Modificado**

Especificaciones para el ensaye Proctor Modificado (basadas en la norma 1557-91 de la ASTM)

CONCEPTO	METODO			
	A	B	C	D
Diámetro del molde (cm)	10.16	15.24	10.16	15.24
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	943.3	2124.0	943.3	2124.0
Peso del martillo o pisón (Kg)	4.54	4.54	4.54	4.54
Altura de caída del martillo (cm)	45.7	45.7	45.7	45.7
Numero de golpes del pisón por cada capa	25	56	25	56
Numero de capas de compactación	5	5	5	5
Energía de compactación (Kg-cm/cm <sup>3</sup> )	16.49	16.42	16.49	16.42
Suelo por usarse Pasa por	100% tamiz No.4	100% tamiz 3/8"	El 20% retiene No.4	Pasa 100 tamiz 3/4"

**Fuente: Basada en la Normal 1557-91 de la ASTM**

Podemos calcular su densidad seca humedad y su densidad seca máxima mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ecuacion 17: } \gamma_h = \frac{W_m}{V_c} = \frac{W_{me} - W_e}{V_c}$$

$$\text{Ecuacion 18: } \gamma_d = \frac{\gamma_h}{1+W}$$

Dónde:

$\gamma_h$  = Peso volumétrico húmedo.

$\gamma_d$  = Peso volumétrico seco.

$W_m$  = Peso de la muestra compactada.

$W_e$  = Peso del molde cilíndrico

$V_c$  = Volumen del cilindro

$W$  = Contenido de humedad al tanto por uno.

$W_{me}$  = Peso de muestra compactada + Peso del Cilindro

### 3.5 ENSAYE DE C.B.R

El Ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) ASTM D 883-73 mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

Este es uno de los parámetros necesarios obtenidos en los estudios geotécnicos previos a la construcción, como también lo son el Ensayo Proctor y los análisis granulométricos del terreno.

Este procedimiento mide la carga necesaria para penetrar un pistón de dimensiones de  $50 \pm 0,5$  mm. de diámetro y no menor que 100 mm. de largo, determinadas a una velocidad previamente fijada de velocidad de 1,25 mm/min para presionar el pistón de penetración en la probeta en una muestra compactada de suelo después de haberla sumergido en agua durante cuatro días a la saturación más desfavorable y luego de haber medido su hinchamiento. La muestra se sumerge para poder prevenir la hipotética situación de acumulación de humedad en el suelo después de la construcción. Por ello, después de haber compactado el suelo y de haberlo sumergido, se lo penetra con un pistón el cual está conectado a un pequeño "plotter" que genera una gráfica donde se representa la carga respecto la profundidad a la que ha penetrado el pistón dentro de la muestra.

**Gráfico 3: Curva Esfuerzo vs Penetración.**



**Fuente: Mecánica de Suelos Juárez Badillo Tomo I**

La gráfica obtenida por lo general es una curva con el tramo inicial recto y el tramo final cóncavo hacia abajo; cuando el tramo inicial no es recto se le corrige.

Con la gráfica observamos los valores de la carga que soportaba el suelo cuando el pistón se había hundido 2.5 mm y 5mm y los expresamos en tanto por ciento (%), tomando como índice CBR el mayor de los porcentajes calculados.

**Ecuación 19**       $CBR_{lectura} = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patron(PSI)}} * 100$

$$CBR_{0.1plg} = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{1000} * 100$$

$$CBR_{0.2plg} = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{1500} * 100$$

Según los resultados obtenidos de todos los CBR de los sondeos de la línea del proyecto fueron muy bajos, es de señalar que según su clasificación y el uso que se le puede dar según los rangos de los C.B.R encontrados no se alteran mucho por lo cual se consideró un promedio entre ellos resultando un C.B.R de diseño de 9.71 al 95% de compactación el cual se clasifica de regular a buena con un uso para sub-rasante **Ver anexo Tabla XV, XVI.**

En consideración con la norma de la NIC-2000 la cual podemos ver Anexos **Tabla XVII** en sus especificaciones Básicas para sub-rasante. Base y subbase en tipo de bases incluyendo estabilización, establece que el mínimo del C.B.R al 95% de compactación tiene que tener un C.B.R del 60% cuando este se ha sometido a un proceso de saturación de 4 días y un índice de plasticidad máximo de 15 y el porcentaje que pase la malla número 200 sea entre 4 y 8.

### 3.6 BANCO DE PRÉSTAMO.

Al tomar los resultados de los ensayos de los C.B.R de los suelos de la línea del proyecto, se determinó que era necesario la utilización de bancos de materiales para lograr establecer una base que soporte la estructura de la losa y las cargas que esta recibirá, se propone una base de 8 pulgadas con el fin de disminuir los esfuerzos que afectaran a la sub-rasante.

Se tomaron en cuenta dos (2) bancos de materiales como son el banco Nejapa ubicado al sur-oeste la laguna de Nejapa y el banco Matecsa ubicado a frente a la entrada de Ciudad Sandino ambos pertenecen al Municipio de Managua.

Ambos bancos se analizaron para verificar si estos cumplían con los requisitos de la NIC-2000 por lo cual de manera individual no cumplían por lo cual se propuso una mezcla. Es necesario conocer su volumen de abundamiento para condiciones de acarreo por lo cual se determinó para ambos: así como su humedad óptima para el uso de compactación que se pretende alcanzar.

De estos dos bancos se procedió hacer una mezcla de 70% selecto y 30% hormigón para que estos materiales cumplan los requisitos de la NIC-2000 la cual esta especificada en Anexos, los resultados obtenidos de ellos lo podemos analizar en la **Tabla 12:**

**Tabla 12: Resultados de los Bancos.**

Banco	Nejapa	Matecsa	Mezcla	
% pasa 2"	100	100	100	
% pasa 1 ½ "	100	100	100	
% pasa 1"	95	100	98	
% pasa ¾"	91	100	96	
% pasa ½"	84	100	94	
% pasa 3/8"	77	100	92	
% pasa No. 4	54	100	89	
% pasa No. 10	40	87	78	
% pasa No. 40	14	34	35	
% pasa N0. 200	2	8	8	
<b>Límites de Consistencia</b>				
Limite liquido	-----	-----	-----	
Limite plástico	NP	NP	NP	
Índice de plástico	-----	-----	-----	
<b>Ensayes Adicionales</b>				
Peso volumétrico seco suelto (PVSS) (kg/m <sup>3</sup> )	1,318 Kg/m <sup>3</sup>	1,505.11 Kg/m <sup>3</sup>	1457 Kg/m <sup>3</sup>	
Densidad máxima seca(Kg/m <sup>3</sup> )	1,568 Kg/m <sup>3</sup>	1,680.8 Kg/m <sup>3</sup>	1,610 Kg/m <sup>3</sup>	
Humedad óptima (%)	10.9	13.2	11.2	
<b>Clasificación</b>				
Clasificación.	A-1-a (0)	A-1-b (0)	A-1-a (0)	
Color	Rojo claro	Gris	--	
Material	Grava con limo y arena	Arena limosa	Mezcla de hormigón y selecto	
Abundamiento	1.18	1.11	1.10	
Proctor	Modificado	Modificado	Modificado	
Valor relativo de soporte (CBR %)			90%	25.8
			<u>95%</u>	<u>60</u>
			100%	76.6

**Fuente: Elaborada por Autores.**

Basándonos en las especificaciones que establece la NIC-2000 para el uso de una base el C.B.R de diseño al 95% de compactación debe cumplir un mínimo del 60% de este modo se logró alcanzar el requisito que establece la Norma.

## CAPITULO IV PAVIMENTO

### 4.1 INTRODUCCION.

Un pavimento se encuentra constituido por un conjunto de capas que están superpuestas, relativamente de manera horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados.

En el diseño de un pavimento rígido es necesario considerar la estructura que debe tener el pavimento para satisfacer las especificaciones que requiera la vía, las cuales dependerán del volumen de tránsito y la carga que vaya a ser aplicada así como las condiciones de la sub-rasante, adicionalmente la calidad del material y mano de obra, puesto que todo esto afectara directamente al pavimento y su desempeño.

Al ser una superficie destinada al uso de vehículos, es importante tomar en cuenta la durabilidad de este, por lo tanto al diseñar un pavimento rígido se define para un periodo para el cual se proyecta su uso funcional.

Es por ello, que es necesaria la selección apropiada de factores para el diseño estructural del pavimento, por lo que deberá tomarse en cuenta la clasificación de la carretera dentro de la red vial, la selección de los diferentes tipos de materiales a utilizarse, el tránsito y los procesos de construcción.

El pavimento se clasifica en 3 tipos:

- Flexible: Es el pavimento compuesto principalmente de asfalto.
- Rígido: Es cuando la superficie de rodamiento está hecha de concreto hidráulico.
- Articulado: El termino se refiere al pavimento formado por adoquines sobre una cama de arena de aproximadamente 5 centímetros de grosor.

#### 4.1.1 Pavimento Rígido.

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de hormigón hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las

capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Por su rigidez distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas. Salvo en bordes de losa y juntas sin pasas juntas, las deflexiones o deformaciones elásticas son casi inapreciables.

Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Es te punto de vista es el que influye en los sistemas de cálculos de pavimentos rígidos, sistemas que combinan el espesor y la resistencia de hormigón de las losas, para una carga y suelos dados.

Aunque en teoría las losas de hormigón hidráulico pueden colocarse en forma directa sobre la subrasante, es necesario construir una capa de subbase para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie de rodamiento al pasar los vehículos, lo cual puede provocar fallas de esquina o de orilla en la losa. La sección transversal de un pavimento rígido está constituida por la losa de hormigón hidráulico y la subbase, que se construye sobre la capa subrasante.

#### 4.1.2 Tipos de Pavimento Rígido.

Existen 5 tipos de pavimentos rígidos:

- ❖ De hormigón simple
- ❖ De hormigón simple con barras de transferencia de carga.
- ❖ De hormigón reforzado y con refuerzo continuo.
- ❖ De hormigón presforzado.
- ❖ De hormigón fibroso.

##### 4.1.2.1 Pavimentos de hormigón Simple:

Se construyen sin acero de refuerzo y sin barras de transferencia de cargas en las juntas. Dicha transferencia se logra a través de la trabazón entre los agregados de las dos caras agrietadas de las losas contiguas, formadas por el aserrado o corte de la junta. Para que la transferencia de carga sea efectiva, es preciso tener losas cortas.

Este tipo de pavimento se recomienda generalmente para casos en que el volumen de tránsito es de tipo mediano o bajo. Los pavimentos de hormigón simple con barras de transferencia de carga. Se construyen sin acero de refuerzo; sin embargo en ellos se disponen de barras lisas en cada junta de contracción, las cuales actúan como dispositivos de transferencia de cargas, requiriéndose también que las losas sean cortas para controlar el agrietamiento.

#### 4.1.2.2 Pavimentos Reforzados.

Contienen acero de refuerzo y pasadores en las juntas de contracción. Estos pavimentos se construyen con separaciones entre juntas superiores a las utilizadas en pavimentos convencionales. Debido a ello es posible que entre las juntas se produzcan una o más fisuras transversales, las cuales se mantienen prácticamente cerradas a causa del acero de refuerzo, lográndose una excelente transferencia de carga a través de ellas.

#### 4.1.2.3 Pavimentos con Refuerzo Continuo.

Por su parte, se construyen sin juntas de Contracción. Debido a su continuo contenido de acero en dirección longitudinal, estos pavimentos desarrollan fisuras transversales a intervalos muy cortos. Sin embargo, por la presencia de refuerzo, se desarrolla una gran transferencia de carga en las caras de las fisuras.

Normalmente un espaciamiento de juntas que no exceda los 4.50m tienen un buen Comportamiento en pavimentos de hormigón simple, así como uno no mayor a 6m en 11 pavimentos con pasa juntas, ni superior a 12 m en pavimentos reforzados. Espaciamientos mayores a estos, han sido empleados con alguna frecuencia, pero han generado deterioros, tanto en las juntas, como en las fisuras transversales intermedias.

#### 4.1.2.4 Pavimentos con hormigón presforzado.

Están constituidos a base de losas que han sido previamente esforzadas y de esta manera no contienen juntas de construcción. Se han ensayado varios sistemas de

presfuerzo y pos-tensado con el fin de llegar a soluciones de pavimentos de espesor reducido, gran elasticidad y capacidad de soporte, y reducción de juntas. Gracias al sistema de pre-esfuerzo se han podido construir losas de más de 120 m de longitud, con una reducción del 50% del espesor de la losa. Sin embargo pese a los esfuerzos para desarrollar esta técnica, en carreteras se han producido más dificultades que ventajas. Ha tenido en cambio más aplicación en aeropuertos en los cuales ha habido casos de un comportamiento excelente, tanto en pistas como en plataformas.

#### 4.1.2.5 Pavimentos de hormigón Fibroso.

En este tipo de losas, el armado consiste en fibras de acero, de productos plásticos o de fibra de vidrio, distribuidos aleatoriamente, gracias a lo cual se obtienen ventajas tales como el aumento de la resistencia a la tensión y a la fatiga, fisuración controlada, resistencia al impacto, durabilidad, etc. Con una dosificación de unos 40kg/m<sup>3</sup> de hormigón, es posible reducir el espesor de la losa en 30 % y aumentar el espaciamiento entre juntas por lo que puede resultar atractivo su uso en ciertos casos a pesar de su costo.

Existen otros tipos de técnicas aplicadas a los pavimentos rígidos en donde se otorgan soluciones idóneas y se logre una óptima calidad de las obras. Lo dicho vale tanto para el caso de obras nuevas, como para el de reparaciones y rehabilitaciones.

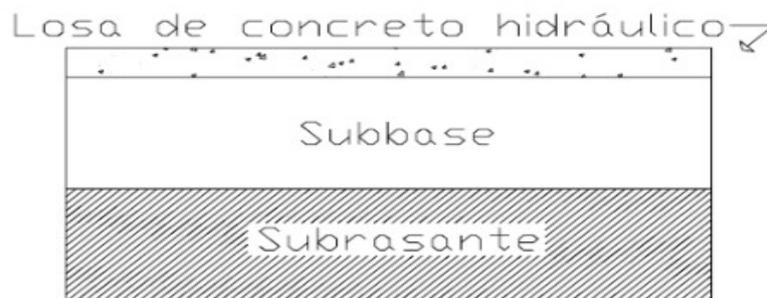
Existen otros métodos para trabajar el hormigón para una rápida habilitación al tránsito se le conoce como (Fast - Track), construcción de un pavimento de hormigón sobre pavimento asfáltico existente (whitetopping). Sistema fasttrack mezcla de hormigón empleado en los pavimentos rígidos que requieren entregarse en servicio muy rápidamente, es decir, con muy altas resistencias iniciales. Es muy usual realizar este trabajo en horas de la noche cuando las temperaturas son muy bajas.

El hormigón FastTrack permite alcanzar la resistencia a la compresión y resistencia de diseño a partir de las 12 horas de colocada la mezcla dependiendo de las

condiciones climáticas. Es ideal para pavimentos que deben ser entregados al servicio a edades tempranas y obtiene un mejor desarrollo de resistencias del hormigón para un más rápido avance de la obra.

Las capas que conforman el pavimento rígido son: **subrasante, sub-base, y losa** o superficie de rodadura como se muestra en la **Figura 3**.

**Figura 3: Elementos de un Pavimento Rígido. .**



**Fuente: Diseño de pavimentos.**

**Subrasante:** Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante. Se considera como la cimentación del pavimento y una de sus funciones principales es la de soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, así como evitar que el terraplén contamine al pavimento y que sea absorbido por las terracerías.

**Sub-base:** Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie

de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase.

La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

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

**Losa (superficie de rodadura):** Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto Módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base.

## 4.2. PARAMETROS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO

### 4.2.1 PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño es el tiempo para el cual se proyecta que un pavimento se puede desempeñar de forma adecuada sin verse afectado por los crecimientos poblacionales y las condiciones del entorno. Dichos periodos de diseño se ven reflejados en el manual SIECA.

### 4.2.2 EI ESAL'S

El ESAL no es más que la repetición de ejes equivalentes a 18 kips (80 kN). Por lo cual existen factores equivalentes de conversión para ejes que difieren de ese peso.

Para calcular dicho factor es necesario y por demás importante definir para que tipo de pavimento está referido, ya que para un pavimento flexible es diferente que para un pavimento rígido.

Para los pavimentos flexibles es en base al número estructural (SN), el cual está definido como la expresión numérica de la resistencia del pavimento en términos del valor del soporte del suelo. En los pavimentos rígidos se define el espesor de la losa en función de las cargas que se van a imponer, asumiendo también el índice final de serviciabilidad.

#### 4.2.3 FACTOR DE DIRECCIÓN.

Es el factor del total del flujo vehicular censado, siendo este en la mayoría de los casos 0.5, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra parte en la dirección opuesta. También señala que puede deducirse del conteo de tránsito efectuado.

#### 4.2.4 FACTOR CARRIL

El carril de diseño es aquel que recibe el mayor número de cargas. Para un camino de dos carriles (un sentido cada uno), cualquiera puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por sentido forzosamente se canaliza en ese carril (siendo en este caso  $FC = 1$ ).

#### 4.2.5 CLIMA

En nuestro medios los factores que más afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura. Las lluvias al incrementar el nivel freático pueden causar cambios volumétricos en el nivel de sub-rasante. También llegando a afectar los trabajos de movimiento y compactación de suelos.

Los cambios de temperatura en pavimentos rígidos ocasionan esfuerzos muy elevados los cuales, en ocasiones, pueden llegar a ser más grandes que las cargas previstas de diseño, en nuestro país están temperaturas generalmente son muy altas a lo largo del año.

#### 4.2.6 ESPESOR

El espesor del pavimento de concreto es la variable que se pretende determinar al realizar un diseño, el resultado del espesor se ve afectado por todas las demás variables que interviene en los cálculos.

#### 4.2.7 SERVICIABILIDAD.

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circulan en la vía, se mide en una escala del 0 al 5 en donde 0 (Cero) significa una calificación para pavimento intransitable y 5 (cinco) para un pavimento excelente. La serviciabilidad es una medida subjetiva de la calificación del pavimento, sin embargo la tendencia es poder definirla con parámetros medibles. **Ver Tabla 13.**

**Tabla 13: Índice de Serviciabilidad final Según tipo de Camino.**

INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL
<u>Po = 4.5 para pavimentos rígidos.</u>	Pt = 2.5 o más para caminos muy importantes
Po = 4.2 para pavimentos flexibles.	Pt = 2.0 para caminos de transito Menor.

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

4.2.7.1-El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po): Es la condición que tiene un pavimento inmediatamente después de la construcción del mismo, para su elección es necesario considerar los métodos de construcción, ya que de esto depende la calidad del pavimento. Para definir el índice de serviciabilidad inicial es necesario conocer el índice de servicio y el tráfico acumulado.

4.2.7.2 -El índice de serviciabilidad final (Pt): Es la calificación que esperamos tenga el pavimento al final de su vida útil, o bien, el valor más bajo que pueda ser admitido, antes de que pavimento. Sea necesario efectuar una rehabilitación, un refuerzo o la reconstrucción del El índice de serviciabilidad final.

La diferencia entre ambos índices es:  $\Delta PSI = Po - Pt$ , que se define como pérdida de serviciabilidad.

#### 4.2.8 TRÁNSITO.

El tránsito es una de las variables más significativas del diseño del pavimento y sin embargo es una de las que más incertidumbre presenta al momento de estimarse. Es importante hacer notar que debemos contar con la información más precisa posible del tráfico para el diseño, ya que de no ser así podríamos tener diseños inseguros o con un grado importante de sobre diseño, debido a esto, en este trabajo se tratará de manera sencilla esta parte.

#### 4.2.9 Confiabilidad

Es la probabilidad de que el pavimento se comporte satisfactoriamente durante su vida útil o periodo de diseño, resistiendo las condiciones de tránsito y medio ambiente dentro de dicho periodo. Cabe resaltar que al hablarse del comportamiento del pavimento se refiere a la capacidad estructural y funcional de este, es decir la capacidad de soportar las cargas impuestas por el tránsito y asimismo de brindar seguridad y confort al usuario.

Los factores estadísticos que influyen en el comportamiento de los pavimentos son:

- Confiabilidad R
- Desviación estándar

**Tabla 14: Niveles de Confiabilidad en Función de la Clasificación Vial.**

Clasificación general	Niveles de confiabilidad R recomendados	
	Urbano	Rural
Carreteras Regionales	85-99.9	80-99.9
<u>Carreteras Troncales</u>	<u>80-99</u>	<u>75-95</u>
Carreteras Colectoras	80-95	75-95
Carreteras Locales	50-80	50-80

**Fuente: Guía para diseño de estructuras de Pavimentos, AASHTO 1993**

#### 4.2.10 Desviación Estándar.

Desviación Estándar ( $S_o$ ):

En términos sencillos representa la cantidad de separación de los puntos de la información a través de los cuales pasa la curva de funcionamiento. El rango recomendado para pavimentos Rígido es de 0.30 a 0.40 por ser pavimentos nuevos.

##### 4.2.10.1 Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ):

Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada para una confiabilidad R. Los valores recomendados de acuerdo a la confiabilidad que brinda la AASHTO.

**Tabla 15: Desviación Estándar Normal, Valores que Corresponden.**

<b>DESVIACION ESTANDAR NORMAL , VALORES QUE CORRESPONDEN</b>		
<b>A LOS NIVELES SELECCIONADOS DE CONFIABILIDAD</b>		
<b>CONFIABILIDAD R (%)</b>	<b>( ZR )</b>	<b>( So )</b>
50	0,000	0,35
60	-0,253	0,35
70	-0,524	0,34
75	-0,647	0,34
80	-0,841	0,32
85	-1,037	0,32
<u>90</u>	<u>-1,282</u>	<u>0,31</u>
91	-1,340	0,31
92	-1,405	0,30
93	-1,476	0,30
94	-1,555	0,30
95	-1,645	0,30
96	-1,751	0,29
97	-1,881	0,29
98	-2,054	0,29
99	-2,327	0,29
99,9	-3,090	0,29
99,99	-3,750	0,29

**Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993**

#### 4.2.11 Propiedades PCC (Concreto de Cemento Portland)

##### 4.2.11.1 Módulo de Ruptura de Concreto.

**Propiedades del concreto:** Son dos las propiedades del concreto que influyen en el diseño y en su comportamiento a lo largo de su vida útil, resistencia a la tensión por flexión o Módulo de Ruptura (MR) y el Módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ ).

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera resistencia del concreto trabajando a flexión, que se conoce como resistencia la flexión por tensión ( $S'_c$ ) o Módulo de ruptura (MR) normalmente especificada a los 28 días se calcula con la siguiente ecuación:

**Ecuación 20:**

$$S'_c = 10\sqrt{f'_c}$$

$$S'_c = 10\sqrt{4000 \text{ psi.}}$$

$$S'_c = \boxed{632.45 \text{ Psi}}$$

Nota: se consideró un  $f'_c$  de 4000 Psi. En base al tipo de carretera que es una urbana secundaria según la clasificación.

**Tabla 16: Módulo de Ruptura del Concreto Recomendado.**

Tipo de pavimento	MR recomendado	
	kg/cm <sup>2</sup>	psi
Autopistas	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas industriales	45.0	640.1
Urbanas principales	45.0	640.1
Urbanas secundarias	42.0	597.4

**Fuente: Manual de Pavimentos CEMEX**

#### 4.2.12 Módulo de Elasticidad del concreto.

Es un parámetro que indica la rigidez y la capacidad de distribuir cargas que tiene una losa de pavimento. Es la relación entre la tensión y la deformación. Las deflexiones, curvaturas y tensiones están directamente relacionadas con el módulo de elasticidad del concreto. En los pavimentos de concreto armado continuo, el módulo de elasticidad junto con el coeficiente de expansión térmica y el de contracción del concreto, son los que rigen el estado de tensiones en la armadura. Para concreto de peso normal, el Instituto del Concreto Americano sugirió:

#### **Ecuación 21:**

$$E_c = [ 57000\sqrt{f'_c} ]$$

Nota: Se Consideró un  $f'_c$  de 4000Psi.

$$E_c = [ 57000\sqrt{4000} ]$$

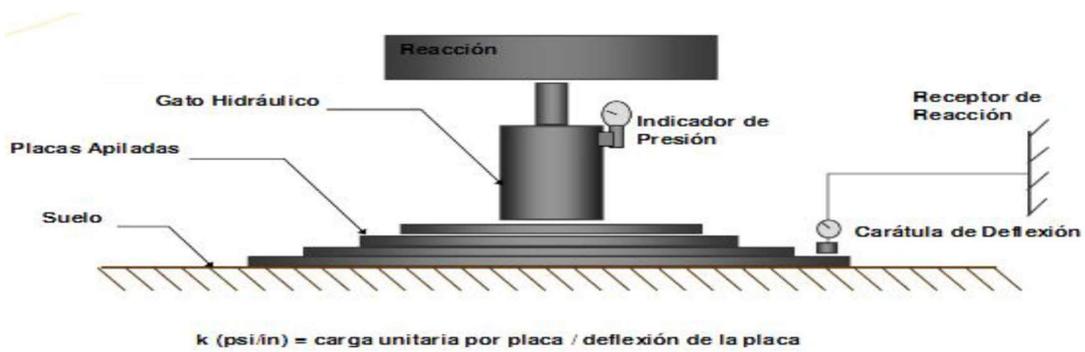
$$E_c = \boxed{3604996.533}$$

#### 4.2.13 Resistencia a la Subrasante.

La resistencia a la subrasante se obtiene mediante el módulo de reacción del suelo (K) por medio de la prueba de placa.

El módulo de reacción del suelo corresponde a la capacidad portante que tiene el natural en donde se soportará el cuerpo del pavimento. El valor del módulo de reacción se puede obtener directamente del terreno mediante la prueba de placa ASTM D1195 Y D1196 (Ver fig.4). El resultado de la prueba indica la característica de la resistencia que es aplicado por una placa entre las deformaciones correspondientes, producida por este esfuerzo.

**Figura 4:**



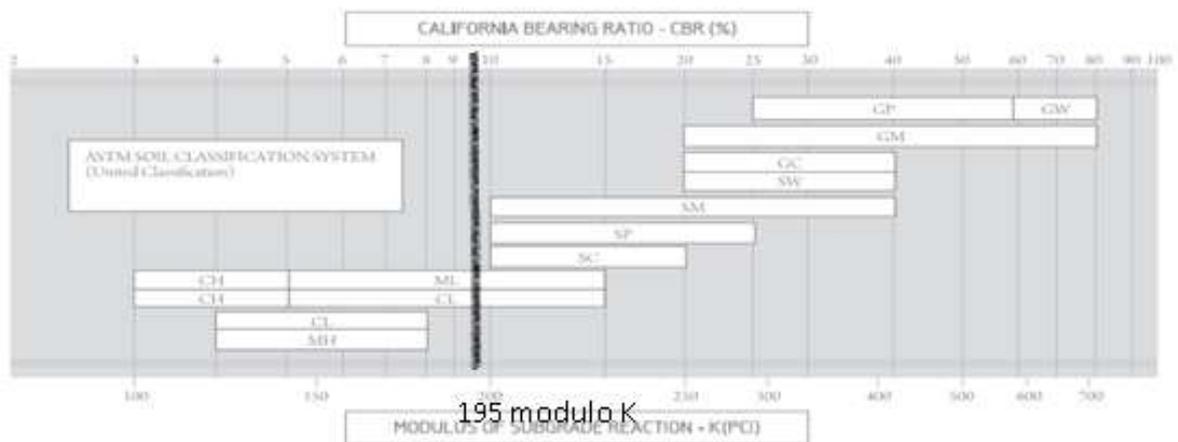
**Fuente: Manual de Pavimentos, CEMEX.**

#### 4.2.14 Modulo de reaccion de la subrasante:

El módulo de reacción de la sub-rasante o en algunos casos conocida como sub base en los pavimentos rígidos (valor k) es definido como aquel parámetro medido o estimado en la parte superior de la capa de terracería terminada o en terraplén sobre la cual la base y/o losa de concreto será construida. **Ver Figura 5.**

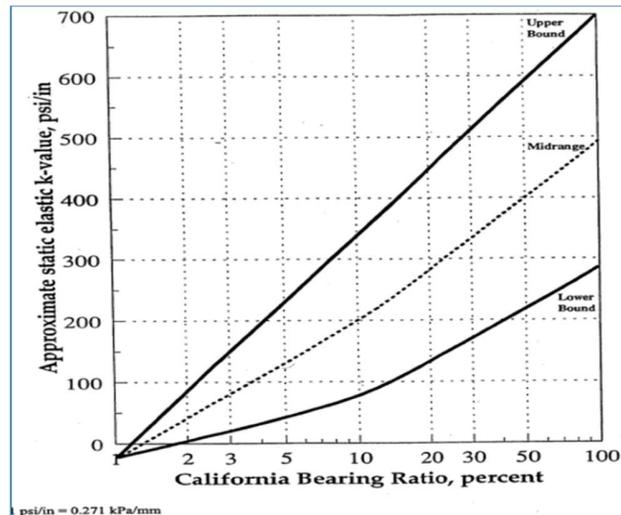
**Figura 5: Correlación del CBR en Base al Tipo de Suelo**

Correlación I con SUCS y VRS



**Fuente: Fuente: Manual de Pavimentos, CEMEX.**

**Grafico 4: Determinación del Módulo de Reacción de la Sub Rasante (k)**



**Fuente: Guía para diseño de Pavimentos AASHTO 1998.**

#### 4.2.15 Modulo de Poisson para concreto.

El módulo de Poisson del concreto representa la relación entre la deformación unitaria transversal y la deformación unitaria longitudinal o axial de algún elemento, este parámetro se determina normalmente de acuerdo a la norma ASTM C-469 durante una prueba de compresión de un cilindro estándar.

Los valores del módulo o relación de Poisson varían entre **0.15 y 0.20**, pero la mayoría de los investigadores están de acuerdo en que este parámetro no es muy consistente y es posible observar valores fuera del intervalo mencionado. Cabe mencionar que tanto el módulo de elasticidad del concreto como el módulo de Poisson son parámetros que dependen de un gran número de factores entre los que se cuentan los ingredientes del concreto, las condiciones climáticas de los ensayos y los métodos de prueba, por lo que se debe tener mucho cuidado en su determinación y uso.

Propiedades de la base nos basamos en la siguiente tabla para la elección considerando que nuestra base es un agregado se toman los valores para ese tipo.

**Tabla 17: Modulo Elástico y Coeficiente de Fricción Para Diferentes Tipos de Base.**

Base Type or Interface Treatment	Modulus of Elasticity (psi)	Peak Friction Coefficient		
		low	mean	high
Fine-grained soil	3,000 - 40,000	0.5	1.3	2.0
Sand	10,000 - 25,000	0.5	0.8	1.0
Aggregate	15,000 - 45,000	0.7	1.4	2.0
Polyethylene sheeting	NA	0.5	0.6	1.0
Lime-stabilized clay	20,000 - 70,000	3.0	NA	5.3
Cement-treated gravel	(500 + CS) * 1000	8.0	34	63
Asphalt-treated gravel	300,000 - 600,000	3.7	5.8	10
Lean concrete without curing compound	(500 + CS) * 1000	> 36		
Lean concrete with single or double wax curing compound	(500 + CS) * 1000	3.5	4.5	

Notes: CS = compressive strength, psi  
 Low, mean, and high measured peak coefficients of friction summarized from various references are shown above.  
 1 psi = 6.89 kPa

**Fuente: GUIA AASHTO 1998**

#### 4.2.16 Temperatura.

La temperatura es un variable a ser tomada en cuenta ya que afecta a la losa de concreto no solo superficialmente, sino que lo hace en ambas caras de este, es decir que también tiene un efecto en la conexión con la base sobre la que se construye la losa, por lo cual es de cuidado dar un seguimiento a las condiciones críticas de temperatura de la zona en dependencia de la estación y tipo de clima que la afecte. En nuestro país tomamos los datos registrados por **INETER** en su departamento de meteorología, podemos tomar los valores de Velocidad Media Anual, Temperatura Media Anual y Precipitación Media Anual.

### 4.3 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES.

4.3.1 Transferencia de carga. También: Se conoce como coeficiente de transmisión de carga (J) y es la capacidad que tiene una losa del pavimento de transmitir las fuerzas cortantes con sus losas adyacentes, con el objetivo de minimizar las

deformaciones y los esfuerzos en la estructura del pavimento. Mientras mejor sea la transferencia de cargas, mejor será el comportamiento de las losa del pavimento.

**Tabla 18: Coeficientes de Transferencia de Carga J.**

Tipo de pavimento	Hombro Elementos de transmisión de carga Concreto hidráulico	
	si	no
No reforzado o armado con juntas	2.5 - 3.2	3.6 - 4.2
Armado continuo	2.3 - 2.9	-

**Fuente: Guía para diseño de Pavimentos, AASHTO 1993**

El mecanismo de transferencia de carga en la junta transversal entre losa y losa se lleva a efecto de las siguientes maneras:

Junta con dispositivos de transferencia de carga (pasadores de varilla lisa de acero) con o sin malla de refuerzo por temperatura.

Losa vaciada monolíticamente con refuerzo continuo, (acero de refuerzo de varilla corrugada armada en ambas direcciones) no se establece virtualmente la junta transversal, tomándose en cuenta para el cálculo del acero estructural la remota aparición de grietas transversales.

Junta transversal provocada por aserrado cuya transferencia de carga se lleva a efecto a través de la trabazón entre los agregados.

#### 4.3.2 Pérdida de soporte.

Este factor, LS (loss of support = pérdida de soporte) es incluido en el diseño de pavimentos rígidos para tomar en cuenta la pérdida potencial de soporte proveniente de la erosión de la sub-base y/o movimientos diferenciales verticales del suelo. Deberá también considerarse este factor en términos de los movimientos

verticales del suelo que pueden resultar de vacíos bajo el pavimento. Aun cuando se utilice una sub-base no erosionable, pueden desarrollarse vacíos, reduciendo la vida del pavimento.

#### 4.3.2.1 Soporte de la losa.

Para el soporte de la losa se tienen que considerar 3 condiciones para poder optar a los valores del factor que se necesitara en base a las condiciones de la losa.

- 1- Cuando la losa tiene un hombro de asfalto se toma el valor de 1.00.
- 2- Cuando la losa tiene un hombro de concreto hidráulico se toma un valor de 0.94.
- 3- Cuando en el borde solo se extiende con losa se considera de 0.92

### 4.4 SECCIÓN TRANSVERSAL.

Se proponen tres tipos de secciones típicas en el tramo de estudio siendo una de 6 metros, de 4.80m y de 3.60m, la sección más pequeña no puede ser considerada de dos sentidos por lo cual se consideró de un sentido. **Ver Planos en Anexos.**

#### 4.4.1 Modulación de la losa.

La modulación de la losa se refiere a la forma que deberá tener los tableros de la losa, modulando la junta longitudinal y transversal de tal manera que exista una relación de esbeltez, una sección típica de carretera y las dimensiones físicas del vehículo de diseño.

Esta está regida por la separación de las juntas que a su vez dependen directamente del espesor del pavimento.

#### 4.4.2 Relación de Esbeltez.

Es la relación entre el largo y ancho de una losa, siendo una de las relaciones que influyen en la modulación de las losas. La relación de esbeltez debe cumplir con sus propios requerimientos los cuales son:

$$\triangleright 0.7 \leq Re \leq 1.4$$

#### 4.4.3 Juntas de Concreto.

La colocación de juntas en pavimentos rígidos es necesaria para el control de fisuración por contracción, cambios de temperatura y humedad. Es necesaria además para modular el pavimento con dimensiones prácticas que favorezcan al proceso constructivo. Por otra parte la presencia de juntas constituye una interrupción estructural necesaria en la losa de hormigón.

Un considerable porcentaje de deterioros en un pavimento de hormigón puede ser atribuido a fallas en las juntas. Algunos deterioros que pueden resultar de la falla de una junta incluyen, desnivel, bombeo, desportilladuras, rotura de esquinas, exposición de agregados y fisuras en media losa. Características que contribuyen a un desempeño satisfactorio de juntas, tales como una adecuada transferencia de cargas y una adecuada consolidación del hormigón han sido identificadas a través de investigación y experiencias de campo. La incorporación de estas características en el diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de hormigón, deben resultar en juntas capaces de desempeñarse satisfactoriamente en la vida del pavimento.

En función al tipo de material de sello a usarse, se requerirá resellados periódicos para asegurar un desempeño satisfactorio a través de la vida útil del pavimento. También un desempeño satisfactorio depende de un diseño apropiado del pavimento, materiales de calidad en la construcción, y buenos procedimientos de construcción y mantenimiento.

#### 4.4.4 Aserrado.

Es recomendable que todas las juntas sean aserradas. En el caso de juntas de contracción y longitudinales debe ser hecho en dos fases. El corte inicial se realiza para generar un plano de debilidad forzando las fisuras por retracción por debajo de la junta, este corte debe tener un ancho mínimo igual a 3 mm. El segundo corte provee el espacio necesario para el material de sellado. Este corte puede ejecutarse en cualquier momento antes del colocado del sello. Ambos aserrados deben ser periódicamente revisados para asegurar la profundidad adecuada.

El momento del corte inicial, en juntas transversales y longitudinales, es crítico para prevenir fisuras por retracción. Es muy importante que el corte se inicie en cuanto el hormigón alcance la resistencia suficiente para soportar el peso del equipo de aserrado además de prevenir desportilladuras. Todas las juntas deben ser aserradas dentro de las 12 primeras horas después del colocado del pavimento. Cuando se tiene bases estabilizadas este corte debe ser realizado con mayor anticipación. Esto es más crítico en climas cálidos.

#### 4.4.5 Corte de juntas.

El corte de las juntas deberá realizarse sobre el concreto siempre y cuando la máquina de corte pueda pasar por encima del pavimento sin dejar marcas de llantas, ya que eso comprometería el fraguado final del concreto, lo que debilitaría la estructura del pavimento. El tipo de corte difiere en dependencia del tipo de junta utilizado.

#### 4.4.6 Sellado de juntas.

De acuerdo a las normas internacionales es recomendable sellar todas las juntas del concreto, el trabajo consiste en la colocación de un cordón que sirve de base dentro de la junta y luego un sello que evita que se introduzcan un material o humedad que dañen la base o la misma losa de concreto.

#### 4.4.7 Curado.

Para obtener las propiedades potenciales que se esperan del concreto, en particular en la zona superficial, es necesario curar y proteger el concreto fresco durante un período adecuado. El curado y la protección deben comenzar tan pronto como sea posible después de compactar el concreto y, en todos los casos, antes de que la superficie haya tenido tiempo de secarse.

Papel del curado: El curado tiene por objetivo impedir el secado prematuro del concreto, cuyas consecuencias son dobles:

La reacción química del agua y del cemento se interrumpe por falta del agua necesaria, de modo que el concreto no adquiere las propiedades que su composición permitiría. Se produce una contracción precoz, generando la formación de fisuras (figura 1). Al evaporarse, el agua desarrolla fuerzas que generan, en el cemento en fase de endurecimiento, una contracción cuyo valor puede sobrepasar la resistencia a la tensión del concreto en proceso de endurecimiento.

La temperatura adecuada está entre los 10 °C y los 20 °C. A menos de 10 °C la ganancia de resistencia es prácticamente nula y por encima de 20 °C se comienza a correr el riesgo de someter el concreto a una temperatura superior a la que en promedio va a tener durante toda su vida, lo cual puede inducir a agrietamientos en el concreto.

En cuanto a la humedad, se trata de evitar que el concreto se seque velozmente. Dos terceras partes del agua que se adiciona al concreto en el momento del mezclado se evaporan a medida que el concreto va fraguando y va endureciendo. Si ese volumen de agua sale antes que el concreto desarrolle su resistencia, entonces se producirá un agrietamiento excesivo y no se alcanzarán ni la resistencia ni la apariencia que se esperaba.

#### 4.4.8 Apertura del tráfico.

El tráfico se podrá abrir cuando el pavimento tenga una resistencia a flexo tracción del 75% de su resistencia para la cual se está diseñando. La verificación de la resistencia para apertura al tráfico se puede realizar por medio de la reacción de madurez del concreto de acuerdo a su resistencia.

#### 4.4.9 Juntas Longitudinales.

Las juntas longitudinales tienen como principal objetivo limitar el ancho de la franja hormigonada de manera de evitar la formación de grietas en el sentido longitudinal.

En el caso de que la pavimentación se realice mediante un ancho correspondiente al ancho de la pista, estas juntas se producen principalmente en la unión de dos calzadas de pavimento las que pueden tener bombeo en direcciones distintas. Dicho bombeo es normalmente materializado mediante una pendiente en la subrasante y base granular para mantener el espesor del hormigón constante, por lo que las franjas de hormigonado son amarradas entre sí para evitar su separación, mediante la utilización de barras circulares de acero estriado, denominadas “barras de amarre”.

Cabe destacar que para el control de este efecto de separación, en los pavimentos urbanos colabora adicionalmente el confinamiento que producen los elementos de urbanización tales como las soleras, zarpas y aceras, que restringen la eventual separación de las calzadas en la junta longitudinal.

En el caso que la pavimentación se realice a una dimensión mayor que el ancho máximo de hormigonado para evitar la grieta longitudinal, dicha junta debe ser materializada mediante el aserrado longitudinal.

#### 4.4.10 Juntas transversales de dilatación.

Las juntas de dilatación son el elemento más débil del pavimento, y es donde con mayor frecuencia se presenta el fenómeno de erosión por surgencia (bombeo de finos).

Las juntas pueden dejar de funcionar como tales, ya sea porque se introducen elementos extraños en ellas que las traban en expansión, o porque están muy distanciadas unas de otras (más de 200 m) que las expansiones en estas juntas son superiores al ancho de separación de la junta, y por lo tanto las losas pueden comenzar a levantarse por compresión entre ellas.

Por lo tanto, las juntas de dilatación deben ser estudiadas y propuestas en base a antecedentes climáticos de variaciones críticas durante día y noche, y durante invierno y verano, junto con considerar la época de colocación del hormigón, ya que estos antecedentes permiten estimar las deformaciones que puede sobrellevar un

pavimento durante su operación, información que debe ser considerada por el proyectista.

#### 4.4.11 Juntas transversales de contracción.

Las juntas transversales de contracción tienen como función básica principal controlar la formación de grietas y/o fisuras derivadas de la retracción del hormigón en su proceso de endurecimiento, y controlan además el efecto del alabeo de las losas en el sentido longitudinal el que depende de la distancia entre juntas.

Cuando una losa se contrae uniformemente por una disminución de su temperatura media o de su contenido de humedad, aparecen, por roce con la base, tensiones de tracción. Colocando las juntas transversales a distancias apropiadas, estas tensiones quedan reducidas a límites admisibles de operación. Cabe destacar que mientras menor es el espaciamiento de juntas menor es el efecto de la retracción del hormigón sobre la losa y el alabeo, y por lo tanto, las tensiones de tracción generadas pueden ser controladas con un menor espesor de losa de hormigón.

#### 4.4.12 Juntas transversales de construcción.

Cuando se ejecute una interrupción planificada de la pavimentación en el sentido de avance longitudinal de la pavimentación, se produce una junta fría de hormigón denominada Junta Transversal de Construcción. Esta junta se hace normalmente en un lugar de coincidencia con una junta de contracción, y por simplicidad la terminación del hormigonado en esa junta es vertical

#### 4.5 Resumen de Parámetros de Diseño para Software Basado en el Suplemento de la Guía AASHTO 1998 Brindado por la CEMEX.

. Tabla 19: Parámetros de Diseño Para Espesor de Losa

Fuente: Elaborada por Autores.

<b>SERVICIABILIDAD</b>	
Serviciabilidad inicial (Po)	4.5
Serviciabilidad final (Pt)	2.0
<b>PROPIEDADES PCC</b>	
Módulo de ruptura en 28 días (psi)	632.5
Módulo de elasticidad de losa (psi)	3604996.5
Poisson del concreto	0.15
<b>PROPIEDADES DE BASE</b>	
Módulo Elástico de Base (psi)	45,000
Grosor de diseño para Base (pulgadas)	8
Factor de fricción de Base (f)	0.7
<b>CONFIABILIDAD Y DESVIACION ESTANDAR</b>	
Nivel de Confiabilidad	90
Desviación Estándar	0.31
<b>PROPIEDADES CLIMATICAS</b>	
Velocidad Media de viento anual (mph)	7.4
Temperatura media anual (°F)	79.5
Precipitación Media Anual(in)	44.1
<b>SUB-RASANTE</b>	
Propiedad de la Sub-Rasante (psi/in)	195
<b>ESALS DE DISEÑO</b>	
ESALS Millones	0.20
<b>SEPARACION DE JUNTAS</b>	
Separación de Juntas (ft)	10
<b>FACTOR DE AJUSTE DE SOPORTE</b>	
La losa tiene un hombro de Concreto Hidráulico)	0.94

Los datos ingresados están en función a Tablas que nos ofrece la guía AASHTO la cual está en dependencia de los resultados obtenidos y datos estadísticos como los que nos proporciona INETER en su página web.

Para los valores que debemos tener en consideración en la elección de la serviciabilidad nos basamos en la Tabla 13 la cual está enfocada en el tipo de camino que tengamos la cual por ser un pavimento rígido usemos un Índice de serviciabilidad inicial (**Po**) de 4.5 y un índice de serviciabilidad final (**Pt**) de 2.0 para caminos de tránsito menor.

En las propiedades PCC (Concreto de Cemento Portland) se considera un  $f'c$  de 4000Psi en función a la Tabla 16 de dicho valor se obtuvieron los siguientes resultados Módulo de Ruptura de 632.5 psi, Módulo de Elasticidad de la Losa de 3,604,996.5 y el Coeficiente de Poisson del Concreto que está en un rango de 0.15 a 0.20 en este caso usamos 0.15.

Elección de las propiedades de la Base, nos enfocamos en la Tabla 17 que trae la Guía AASHTO 98, en la cual se pueden tomar los valores del Módulo Elástico de la Base, que tiene un rango de 15000 a 45000 en este caso tomaremos 45000 para tener su límite más alto, con un espesor de base propuesto de 8 pulgadas para mantener un espesor de losa, en función que los tipos de suelos que hay en la subrasante no tiene la suficiente resistencia esto ayudaría a disminuir los esfuerzos, el factor de fricción de 0.7 por que se toma en consideración que es un material de agregado el que se usara en la base en este caso tiene menos agarre.

La confiabilidad y la Desviación Estándar se toma mediante la Tabla 19 la cual se toma en un 90% de confiabilidad y una Desviación Estándar con respecto a la confiabilidad su factor es de 0.31.

Las propiedades climáticas estarán en relación a los datos extraídos de la página de INETER la cual podemos obtener datos estadísticos que se han obtenido mediante estaciones meteorológicas cercanas o en el sitio de estudio, dando como resultado una Velocidad Media Anual de 7.4 mph (11.84), Temperatura Media Anual de 79.4°F (26.33°C) y un precipitación Media Anual de 44.1 in (1120.14mm).

El valor de (K) o bien Módulo de Reacción de la sub-Rasante se puede tomar mediante la figura 5 que nos hace una correlación del CBR encontrado en nuestro

tipo de suelo que se obtuvo el cual resulto ser de 9.71 Según la Tabla XVI nos dice que el uso es para Sub-Rasante.

En la parte del diseño ESALS nos basamos en la Tabla 7 la cual nos Brinda un ESALS de diseño de 175958 el cual pasado a millones es de 0.175958.

La Separación de las Juntas que estará en coordinación al ancho de la vía que en dicho caso es de 6 metros, es por eso que se considera una separación de juntas de 10 ft equivalente a 3 metros.

Para la elección del soporte que tendrá la losa tenemos que tener en cuenta las siguientes consideraciones, cuando la losa tiene un hombro de asfalto se toma el valor de 1.00, cuando la losa tiene un hombro de concreto hidráulico se toma un valor de 0.94 y cuando en el borde se extiende con losa se considera de 0.92.

4.5.1 Datos Ingresados en el Suplemento de la Guía AASHTO 1998 Brindado por la CEMEX.

Figura 6: Parámetros de Diseño AASHTO 1998.

I. General	
Agency:	ALCALDIA
Street Address:	BARRIO CARLOS NÚÑEZ.
City:	MANAGUA
State:	MANAGUA
Project Number:	CARLOS NÚÑEZ.
ID:	URBANA SECUNDARIA
Description:	PROYECTO DE MONOGRAFIA
Location:	CARLOS NÚÑEZ.
II. Design	
<b>Serviceability</b>	
Initial Serviceability, P <sub>1</sub> :	4.5
Terminal Serviceability, P <sub>2</sub> :	2.0
<b>PCC Properties</b>	
28-day Mean Modulus of Rupture, (S' <sub>c</sub> ):	633 psi
Elastic Modulus of Slab, E <sub>s</sub> :	3604,997 psi
Poisson's Ratio for Concrete, m:	0.15
<b>Base Properties</b>	
Elastic Modulus of Base, E <sub>b</sub> :	45,000 psi
Design Thickness of Base, H <sub>b</sub> :	8.0 in
Slab-Base Friction Factor, f:	0.7
<b>Reliability and Standard Deviation</b>	
Reliability Level (R):	90.0 %
Overall Standard Deviation, S <sub>c</sub> :	0.31
<b>Climatic Properties</b>	
Mean Annual Wind Speed, WIND:	7.4 mph
Mean Annual Air Temperature, TEMP:	79.5 °F
Mean Annual Precipitation, PRECIP:	44.1 in
<b>Subgrade k-Value</b>	
	195 psi/in
<b>Design ESALs</b>	
	0.2 million
<b>Pavement Type, Joint Spacing (L)</b>	
<input checked="" type="radio"/> JPCP	Joint Spacing: 10.0 ft
<input type="radio"/> JRCP	
<input type="radio"/> CRCP	
Effective Joint Spacing: 120 in	
<b>Edge Support</b>	
<input type="radio"/> Conventional 12-ft wide traffic lane	
<input checked="" type="radio"/> Conventional 12-ft wide traffic lane + tied PCC	
<input type="radio"/> 2-ft widened slab w/conventional 12-ft traffic lane	
Edge Support Factor: 0.94	
<b>Sensitivity Analysis</b>	
Slab Thickness used for Sensitivity Analysis: in	
<input type="radio"/> Modulus of Rupture	<input type="radio"/> Elastic Modulus (Slab)
<input type="radio"/> Elastic Modulus (Base)	<input type="radio"/> Base Thickness
<input type="radio"/> k-Value	<input checked="" type="radio"/> Joint Spacing
<input type="radio"/> Reliability	<input type="radio"/> Standard Deviation
<b>Calculated Slab Thickness for Above Inputs:</b> in	

Fuente: Suplemento AASHTO 1998.

Todos los parámetros fueron ingresados en el Suplemento de la Guía AASHTO 98 para el espesor de la losa por medio de esto se corre el programa, con todos estos datos del tramo él genera dos tipos de resultados.

1- No se ingresó suficiente información para poder obtener un resultado, el cual no es posible porque todos los parámetros que él considera fueron debidamente ingresados lo cual se logró ver en la figura 6.

2- Otro resultado es que el espesor de losa que el calcula está fuera de los rangos que ha considerado, en el espesor de losa el cual se contempla de 7 a 15 pulgadas si vemos esas consideraciones podemos decir que son para tráficos grandes y pistas principales al ser nuestro diseño de una vía menor y un tráfico menor podemos decir que anda por debajo de las 7 pulgadas.

Pero se demostró mediante otro software (**WINPAS12**) Ver figura 7 de los datos ingresados. En este software podemos utilizarlo de igual modo incluso este nos ofrece otros aspectos que tenemos que tener en cuenta a la hora de un diseño de pavimento. En este se debe ingresar casi las mismas variables, cambiando algunas con respecto al suplemento de la Guía AASHTO 1998 este nos pide un coeficiente de drenaje el cual está en función del tipo de suelo en que está expuesto a saturación, debemos observar que cada dato que se introduzca tiene su parte de auto ayuda para ver valores que recomiendan en este caso se tomó un valor de coeficiente de drenaje de 1.

El **WINPAS12** no toma en consideración la Base, el Módulo de Fricción de la Base cuando nos pide los requisitos para el cálculo del espesor de pavimento a definir y en el suplemento de la Guía AASHTO 98 al tomar en cuenta los parámetros que él requiere nos hace un cálculo de espesor de losa resultando de 4.17 pulgadas el cual cumplirá las necesidades de la vía pero por razones de control se recomienda poner un espesor de 4.5 pulgadas ya que estaremos verificando que el espesor empleado sea el que se propone para este diseño.

#### 4.5.2 Espesor de Losa Calculado con el WINPAS12

**Figura 7: Diseño de Pavimento de Concreto con WINPAS12.**

The screenshot displays the 'Concrete Pavement Design' software interface. It features a title bar at the top, followed by a section titled 'Concrete Pavement Design/Analysis Inputs'. This section contains a list of input parameters, each with a text box for its value and a unit label. Below this section is another section titled 'Concrete Pavement Design/Analysis', which shows the calculated 'Concrete Thickness: 4.17 inches' and a 'Solve For' button.

Parameter	Value	Unit
Concrete Thickness	4.17	inches
Total Rigid ESALs	199,969	
Reliability	90.00	%
Overall Standard Deviation	0.31	
Flexural Strength	632.5	psi
Modulus of Elasticity	3,604,996.5	psi
Load Transfer Coefficient	2.80	
Modulus of Subgrade Reaction	195.0	psi/in.
Drainage Coefficient	1.00	
Initial Serviceability	4.50	
Terminal Serviceability	2.00	

Concrete Pavement Design/Analysis

Concrete Thickness: 4.17 inches      Solve For

**Fuente: Software WINPASS12**

## CAPITULO V: COSTO DE LA OBRA.

### 5.1 INTRODUCCION.

Se entiende por presupuesto de una obra o proyecto a la determinación previa de la cantidad en dinero necesaria para realizarla, el cual se realiza en base a las experiencias previas con respecto a proyectos de índole similar.

Cuando la obra conlleva una relación de costo/beneficio debido, la realización del costo se puede lograr mediante un simple presupuesto aproximado, tomando las unidades de los materiales y los costos de estos como números aproximados sin la necesidad de entrar tanto en detalles o medidas y precios exactos.

Por el contrario, si el presupuesto aproximado no basta eso significa que el estudio se hace como base para financiar la obra, entonces se debe ser más cuidadoso con cada aspecto que afecte el costo, ya que de esta forma se busca como llegar, de la forma más precisa, a un valor monetario exacto que permita definir la viabilidad del proyecto. Por tanto en este tipo de caso es lo mejor llevar un seguimiento cercano al comportamiento de las alzas en los precios de los materiales a utilizarse y reflejar dichas observaciones.

La construcción de una obra civil es una tarea que puede parecer abrumadora. Cuando se prepara un proyecto nuevo debe hacerse un estudio minucioso del costo total de la obra. Pero para esto deben tomarse en cuenta todos los gastos que la obra pueda implicar. La forma más adecuada de definir un costo de proyecto es mediante la descomposición de cada concepto de la obra y los precios de cada elemento que lo constituye.

Para que un proyecto de carretera se ejecute de forma correcta, es necesario que se lleve un orden detallado de las actividades a realizarse en cada etapa de la obra, las cuales son:

5.1 Etapas preliminares.

5.2 Movilización/desmovilización.

5.3 Movimiento de tierra.

- 5.4 Costo de los Materiales.
- 5.5 Demoliciones y Restauraciones.
- 5.6 Carpeta de Rodamiento.
- 5.7 Obras de Drenaje.
- 5.8 Obras de protección.
- 5.8 Señalización vertical y horizontal.
- 5.9 Limpieza final y Entrega.
- 5.10 Costos Directos e Indirectos.

## **5.1 PRELIMINARES.**

Las Etapas preliminares son aquellas que deben llevarse a cabo previamente a la ejecución del proyecto con el fin de preparar el terreno para la introducción de maquinaria o fuerzas laboral para la realización de etapas posteriores.

### **5.1.1 Limpieza inicial.**

Esta etapa de la construcción es la que da inicio al proyecto, una vez recibido el sitio, dando además apertura al libro de bitácora. El contratista, antes de iniciar la obra, deberá examinar cuidadosamente todos los trabajos adyacentes, de los cuales depende esta obra, de acuerdo a las intenciones de estas especificaciones informando por escrito al inspector de la obra cualquier condición que evite al contratista realizar un trabajo de primera calidad.

Antes del inicio de la ejecución de la obra, se debe realizar una limpieza para eliminar obstáculos y basura, tanto en el lugar de la obra como en lugares cercanos que puedan afectar en la ejecución de la misma.

Cabe mencionar que es en esta etapa que se realiza la remoción de escombros y demoliciones de infraestructuras existentes que sean innecesarias y que obstaculicen el proyecto, no obstante en el costo deberá verse reflejada la reconstrucción e instalación de estructuras domiciliarias que se vean afectadas.

No se eximirá al contratista de ninguna responsabilidad por trabajos adyacentes incompletos o defectuosos, a menos que tales hayan sido notificados al supervisor

por escrito y este los haya aceptado antes de que el contratista inicie cualquier parte de la obra.

#### 5.1.2 Trazo y Nivelación.

Es necesaria la correcta ubicación de los niveles de corte y relleno en el terreno, esto debe ser realizado por una cuadrilla de topografía con sus respectivos equipos. Al momento de colocar dichos niveles deben estar referenciados, de manera que se garantice la revisión de los niveles después del corte o relleno.

Dichos niveles y referencias deben ser conservados en la medida de lo posible pues facilita la ubicación y corrección en caso de que existan errores en dichos niveles.

#### 5.1.3 Señales Preventivas.

En todo proyecto se deben instalar señales que indiquen la proximidad del proyecto en ejecución así como los desvíos e indicaciones de rutas temporales, las cuales tienen que tener las características de señales permanentes, tanto en color tamaño y simbología. Se deben colocar al menos a 50 metros antes del peligro, en láminas de zinc de 60 cm x 60 cm x 1.50 mm de espesor, de color amarillo brillante con los símbolos y caracteres en negro también con cinta de color amarillo con caracteres en negro, de manera que sean fáciles de identificar desde una gran distancia.

### 5.2 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN.

La movilización es el descargue de equipos, transporte de personal, cargue así como la adaptación y acomodo de los equipos necesarios para el proyecto. De forma inversa la desmovilización es la retirada del personal y maquinaria del proyecto que ya no sean requeridos, esto se hace cuando inicie o termine el proyecto cuando las maquinarias permanecerán en el proyecto, de no ser así y la distancia no es mayor a 10 Km podría moverse a diario.

### 5.3 MOVIMIENTO DE TIERRA.

En el movimiento de tierra deben tomarse en cuenta todos los volúmenes de terracería a cortar y los volúmenes a rellenar siempre respetando los niveles previamente establecidos en la etapa de trazo y nivelación llegando de esta forma a obtener el nivel requerido para el relleno de la base. Cabe mencionar que en los costos de los materiales de relleno y de base debe considerarse el abundamiento del material, ya que el precio de estos es en estado suelto y los volúmenes necesarios para base y rellenos son volúmenes compactos, además de tomarse en cuenta los costos del traslado, colocación y conformación de material.

El cálculo de todo volumen de tierra debe ser en base a secciones transversales, sin dejar de lado la verificación de los niveles de las calles colindantes con el proyecto para evitar diferencias de nivel muy grandes.

#### 5.3.1 Descapote:

Este trabajo consistirá en el desmonte, tala, eliminación y remoción de toda la vegetación, hasta un espesor de 10 centímetros y desechos dentro de los límites señalados excepto de los objetos y árboles que se haya especificado queden en sus lugares.

#### 5.3.2 Corte:

Es el proceso en el cual se requiere quitar cierta cantidad de material que este en exceso hasta llevarlo a cierto nivel requerido.

#### 5.3.3 Relleno y Compactación.

El material de relleno debe ser depositado en capas de no más de 20 centímetros de espesor y ser compactado con rodillo vibro compactador, auto propulsado con peso de operación de 15 Toneladas mínimo, hasta alcanzar el 95% del máximo del peso volumétrico obtenido mediante el ensayo Proctor estándar, cada capa debe

procesarse controlando su contenido de humedad. Se debe usar material selecto para proceder al relleno.

Cuando el relleno este formado por material mixto, este material se extraerá del banco más cercano y accesible. Este relleno deberá compactarse en capas uniformes de 20 centímetros de espesor, hasta alcanzar una densidad del 95 % Proctor modificado de su densidad máxima como mínimo, en esta actividad no debe hacerse uso de equipo mecánico, al material a compactar se debe dar la humedad necesaria.

#### 5.3.4 Replanteo Topográfico:

Se deberá verificar los niveles de corte y relleno que se efectúen en el movimiento de tierra para evitar inconvenientes en el proyecto.

#### 5.3.5 y 5.3.5.1 Acarreo de Materiales (selecto y hormigón).

La movilización del material se debe tener en cuenta la distancia que tendrá que recorrer y los gastos que se genera no solo en gastos del operador si no también la maquinaria que lo traslade.

#### 5.3.6 Explotación de Bancos.

Los bancos a trabajar en el área del proyecto deben ser los más cercanos posibles para tener un ahorro en los costos. El material para relleno de los bancos de materiales debe ser exento de arcilla; si el banco ha sido explotado no requiere estudio de suelo, si el banco no ha sido explotado se requiere hacer estudio de suelo del banco.

### 5.4 COSTO DE LOS MATERIALES.

En esta etapa se considera los materiales que se estarán en gran volumen ejemplo material selecto, hormigón, los gaviones el concreto etc.

## 5.5 DEMOLICIONES Y RESTAURACIONES.

Al darse la obstrucción del proyecto por causas como la existencia de tuberías de agua potable o aguas sanitarias en zonas de corte de terreno o la existencia de postes telefónicos o de electricidad es necesaria su inmediata remoción, traslado, restauración y reinstalación en condiciones en las que puedan operar sus funciones anteriores pero donde no afecten el trabajo a realizarse para el proyecto.

En el caso de la remoción de sectores de viviendas como lo son los muros perimetrales que se encuentren fuera del terreno propio de la vivienda e interfiera con la zona del proyecto, se debe proceder a demolerse y restaurarlo estrictamente hasta donde el terreno de la vivienda lo permita.

## 5.6 CARPETA DE RODAMIENTO.

Su función primordial será la de proteger la base impermeabilizando la superficie para evitar así posibles infiltraciones de agua de lluvia que podrían saturar parcial o totalmente las capa inferiores, además evita que se desgaste o desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos.

Asimismo la capa de rodamiento contribuye en cierto modo a aumentar la capacidad de soporte del pavimento, especialmente si su espesor es apreciable (mayor a 3 pulgadas).

### 5.5.1 Nivelación y Conformación.

La instalación de la carpeta de rodamiento debe realizarse después de la correcta colocación de la base, con un área completamente nivelada y libre de materia que afecte al concreto.

### 5.5.2 Terracería.

Los tramos de base que sufran deterioros deberán ser reparados inmediatamente con el propósito de garantizar calidad y los niveles de terracería proyectados, ya que al existir daños en la base podría llevar a un daño substancialmente mayor en la carpeta de rodamiento.

**5.5.3 Rodamiento:** Antes de la colocación del concreto, la base debe ser regada para evitar que esta absorba humedad del concreto, lo cual protegerá la integridad de la losa.

## **5.7 OBRAS DE DRENAJE**

Este trabajo consiste en la construcción de bordillos, cunetas de acuerdo con las líneas, niveles y dimensiones mostrados en los planos.

**5.7.1 Cunetas:** Estas se orientan a los lados de la vía para que evacue las aguas pluviales en este proyecto se consideró la construcción a lo largo de la vía

## **5.8 OBRAS DE PROTECCIÓN:**

En esta etapa nos enfocamos en erosiones que puede sufrir la vía y se hace reforzamientos de muros o de terrenos naturales en dicho caso el cauce natural que está cercano a la vía.

### **5.7.1 Gaviones.**

El cauce que presenta la vía es necesario un mejor acondicionamiento por el cual se harán un refuerzo de gaviones hecho de material bolón y estructuras metálicas de gaviones.

## **5.9 SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL.**

Las señalizaciones tanto verticales como horizontales deber instalarse después de fraguado el concreto, la rotulación restrictiva deberá colocarse a 50 metros de donde sea necesaria para advertir debidamente al conductor. Las marcas continuas, discontinuas y peatonales deben colocarse después de fraguado el concreto pero mucho antes de la apertura de la vía para asegurar el secado de la pintura.

## **5.10 LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA.**

El área del Proyecto deberá ser entregada completamente limpia y barrida y todo la basura que genera la limpieza final; como los escombros generados por excavaciones, podas de árboles y conformación y compactación y corte; debe ser evacuado a un lugar que se considere adecuado.

### **5.10.1 Limpieza final.**

El proyecto deberá entregar de una manera limpia y ordenada sin presencia de material o desperdicios en él.

### **5.10.2 Botar Escombros de Construcción.**

Todo material sobrante de construcción, demoliciones entre otros deberá ser desalojo.

### **5.10.3 Entrega y detalles.**

La entrega se hará de una manera oficial una vez se termine el proyecto si se tiene alguna observación, indicación o recomendación se deberá mencionar de una manera clara.

## **5.10 COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.**

El costo directo se define como: "la suma de los costos de materiales, mano de obra y equipo necesario para la realización de un proceso productivo". Elaboración del costo directo La secuencia para la elaboración del costo directo es como sigue:

Planos y especificaciones: Es el punto de partida para la elaboración del costo directo, para llegar al Precio Unitario y finalmente al presupuesto, se deben estudiar perfectamente todos los planos con sus indicaciones. Entre más detallados estén los planos, se tiene una mayor oportunidad de obtener el costo directo más preciso y, por ende, un presupuesto acertado.

Determinación de los conceptos de obra: Del estudio anterior se deduce el tipo de Obra de que se trata para hacer una apreciación de las partidas y conceptos que en ella puedan intervenir. También el estudio anterior sirve para determinar el alcance de cada uno de los conceptos de obra, es decir, de acuerdo al procedimiento constructivo, es posible delimitar el alcance del concepto de obra, esto es, que incluye y que no se incluye.

Por otra parte, el establecimiento de estos conceptos permiten realizar las correcciones necesarias, tanto a las especificaciones como a los mismos alcances de éstas para adaptarse correctamente a la obra en cuestión, entre más clara sea la especificación y más definidos sus alcances, se tendrá una mejor herramienta para efectuar los análisis correspondientes.

Lista de materiales: Del estudio de los planos se obtiene la lista de materiales fijos, es decir, aquellos material es que serán instalados y quedaran permanentes en la Obra; del estudio de las especificaciones se obtiene la clase de material requerido; también este estudio permite determinar el volumen de materiales de consumo necesario para realizar la instalación de los materiales permanentes.

Cuantificación de conceptos: Para la realización de esta actividad es necesario seguir un método que permita cuantificar los conceptos en una forma ordenada y precisa, así como verificar en forma directa las cantidades de obra obtenidas.

Maquinaria y equipo: El análisis de los planos y especificaciones también permiten determinar el procedimiento constructivo a seguir y, por lo tanto, se puede determinar la maquinaria y equipo necesario para el desarrollo de la obra en cuestión, esto obliga a determinar los costos horarios de la maquinaria y equipo que intervendrán en la obra y que formarán parte del costo directo.

El costo indirecto corresponde a los gastos generales necesarios para la ejecución de los trabajos no incluidos en los costos directos que realiza el contratista, tanto en sus oficinas centrales como en el sitio de los trabajos, y comprende entre otros: los gastos de administración, organización, dirección técnica, vigilancia, supervisión,

construcción de instalaciones generales necesarias para realizar conceptos de trabajo, el transporte de maquinaria o equipo de construcción, imprevistos y, en su caso, prestaciones laborales y sociales correspondientes al personal directivo y administrativo.

#### 5.11.1 Los costos indirectos.

se expresarán como un porcentaje del costo directo de cada concepto de trabajo. Dicho porcentaje se calculará sumando los importes de los gastos generales que resulten aplicables y dividiendo esta suma entre el costo directo total de los trabajos de que se trate.

Tomando en cuenta todos estos aspectos se procedió a realizar un costo de obra con respecto al proyecto aquí mencionado. **Ver Tabla 20.**

**TABLA 20: Resultados De los Costos de la Obra.**

REVESTIMIENTO DE 650 ML DE CALLES EN EL MUNICIPIO					
DEPARTAMENTO DE MANAGUA- MUNICIPIO DE MANAGUA.					
DUEÑO: ALCALDIA DE MANAGUA.					
(650 ML BARRIO CARLOS NUÑEZ)					
ETAPAS	DESCRIPCION	OFERTA U/MED	CANTIDAD	C. Unid.	COSTO TOTAL
<b>5.1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				<b>118,692.00</b>
5.1.1	Limpieza Inicial	m2	3900.00	5.80	57,420.00
5.1.2	Trazo y nivelación con Topografía convencional	m2	3900.00	5.28	52,272.00
5.1.3	señales preventivas	c/u	2.00	4,500.00	9,000.00
<b>5.2</b>	<b>MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION.</b>	KM			<b>27,300.00</b>
5.2.1	Movilización y Desmovilización	KM	5.00	5,460.00	27,300.00
<b>5.3</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA.</b>				<b>217,818.67</b>
5.3.1	Descapote	M3	210.00	50.00	10,500.00
5.3.2	Corte.	m3	390.00	150.00	58,500.00
5.3.3	Relleno y Compactacion.	m2	390.00	25.00	9,750.00
5.3.4	Replanteo topografico.	ml	650.00	50.00	32,500.00
5.3.5	Acarreo de Material selecto.	m3	546.00	56.63	30,917.25
5.3.5.1	acarreo de Material hormigon.	m3	234.00	56.63	13,251.42
5.3.5	Explotacion de Banco	m3	780.00	80.00	62,400.00
<b>5.4</b>	<b>COSTO DE MATERIALES.</b>				<b>248,610.00</b>
5.4.1	Material Selecto	m3	110.00	390.00	42,900.00
5.4.2	Hormigon rojo	m3	234.00	250.00	58,500.00
5.4.3	Gaviones de 2x1x1	c/u	60.00	1,075.00	64,500.00
5.4.4	Material Bolon	m3	120.00	689.25	82,710.00
<b>5.5</b>	<b>DEMOLICIONES Y RESTAURACIONES.</b>	GLB			<b>199,870.00</b>
5.5.1	Reparacion de acometida domiciliar de agua potable 3/4" (INC. EX	c/u	22.00	310.00	6,820.00
5.5.2	Remocion de arboles de menos de 30 cm(extraer raices)	c/u	15.00	5,350.00	80,250.00
5.5.2.1	Levantado de pozos de visita 0.60m o menos del nivel de la rasant	c/u	6.00	3,700.00	22,200.00
5.5.3	Reparacion de acometidas domiciliars aguas negras.	c/u	22.00	1,560.00	34,320.00
5.5.4	Remover e instalar poste para telefono.	c/u	8.00	1,435.00	11,480.00
5.5.5	Remocion de poste de tendido electrico(poste de luz)	c/u	8.00	5,600.00	44,800.00
<b>5.6</b>	<b>CARPETA DE RODAMIENTO.</b>				<b>2679,300.00</b>
5.6.1	nivelacion y conformacion.	m2	3900.00	25.00	97,500.00
5.6.2	Revestimiento con Material Mixto.	m2	3900.00	40.00	156,000.00
5.6.3	Terraceria.	m2	3900.00	130.00	507,000.00
5.7	Rodamiento de Concreto rigido 0.12 m F <sup>n</sup> c=4,000 P,S,I	m3	468	4100	1918800
<b>5.7.1</b>	<b>OBRAS DE DRENAJE.</b>				<b>75000</b>
5.8	Cunetas	ml	1500	50	75000
<b>5.8.1</b>	<b>OBRAS DE PROTECCION.</b>				<b>9,000.00</b>
5.9	Gaviones. De 2x1x1	c/u	60	150	9,000.00
<b>5.9.1</b>	<b>SENAIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL.</b>				<b>28,850.00</b>
5.9.2	Señalizacion horizontal.	ml	990.00	15.00	14,850.00
5.1	Señalizacion vertical.	c/u	40.00	350.00	14,000.00
<b>5.10.1</b>	<b>LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA.</b>				<b>238,695.00</b>
5.10.2	Limpieza Final	m2	3900.00	50.00	195,000.00
5.11	Botar Escombros de Construccion.	m3	291.30	150.00	43,695.00
<b>5.11.1</b>	<b>COSTOS DIRECTOS.</b>				<b>3768,135.67</b>
	Cost.Indirectos.				226,088.14
	Admns y Utilidad				263,769.50
	<b>TOTAL PRECIO DE VENTA</b>				<b>4257,993.31</b>
	Impuestos				681,278.93
	IVA 15%				638,699.00
	Alcaldia 1%				42,579.9
	<b>COSTO TOTAL.</b>				<b>4939,272.24</b>

**Fuente: Elaborado por Autores.**

## 5.11 ESPECIFICACIONES DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO.

### **Preliminares.**

**Limpieza inicial:** La limpieza inicial se realizó en toda el área del proyecto, desde la estación 0+000 hasta la estación 0+650 siendo un total de 3900 m<sup>2</sup> con un costo unitario de C\$. 5.80

**Trazo y nivelación topográfica convencional:** Luego de realizada la limpieza inicial, se realiza el trazo y nivelación topográfica en toda el área del proyecto con un costo unitario de C\$.5.28

**Señales preventivas:** Se debe colocar en las entradas principales del proyecto una señal preventiva para evitar la interrupción por vehículos ajenos al proyecto, cada una con un costo de C\$ 4500 cada una.

### **Movilización y desmovilización de equipo.**

La movilización y desmovilización de equipos se realiza para transportar equipos y personal desde el lugar donde se resguarden las herramientas, puesto que la ubicación del proyecto es cercana al centro de trabajo de la organización, no es necesaria la construcción de obras temporales. La movilización es de 5 km con un costo unitario de C\$.5460

### **Movimiento de tierra.**

**Descapote:** El descapote se realiza luego de la limpieza inicial para eliminar toda capa de material orgánico existente del área del proyecto para ser desechada o reutilizada en reforestación en áreas verdes. El descapote se trabaja volumétricamente (m<sup>3</sup>) y tiene un costo unitario actual de C\$.50 Siendo el descapote de 5 cm de descapote en el área de 3900 m<sup>2</sup>.

**Corte:** El corte de material existente en el proyecto se debe realizar si el terreno no presenta condiciones adecuadas para la ejecución del proyecto, por tanto deberá

ser removido y reemplazado por material adecuado. En el presente caso es necesario un corte de 10 cm con un costo unitario de C\$ 150 por m<sup>3</sup>.

**Relleno y compactación:** El relleno y compactación de material debe realizarse en toda la zona del proyecto donde se realice corte y sea necesario un mejoramiento del terreno de igual volumen al corte. El relleno y compactación será de 390 m<sup>3</sup> con un costo de C\$ 25 por metro cubico.

**Replanteo topográfico:** El replanteo topográfico se debe realizar después de conformado el terreno, para designar las características de la sección transversal y obras de drenaje, además de definir las líneas donde ira la calzada de concreto. De igual manera que en la etapa de trazo y nivelación, el replanteo topográfico se lleva a cabo por una cuadrilla de topografía convencional, a través de todo el eje de la vía, con un costo por metro lineal de C\$.50

**Acarreo del material Selecto y Hormigón Rojo:** Puesto que el material necesario de base es un mixto con 70% de material selecto y 30% de hormigón rojo. Es necesario su transporte desde los bancos de materiales. Siendo un total de la mezcla de 780 m<sup>3</sup>, de los cuales 456 m<sup>3</sup> corresponden al selecto y 234 m<sup>3</sup> de hormigón, que al ser transportados en volquetes estándar de 10 m<sup>3</sup> de capacidad, resultan en un costo de transporte de C\$ 56.63 por m<sup>3</sup>.

### **Costos de materiales.**

En la realización del proyecto se requiere el uso de varios materiales, como lo son: material selecto y hormigón rojo, gaviones de 2x1x1 y material bolón.

El material selecto al igual que el hormigón rojo serán obtenidos de los bancos de materiales más cercanos disponibles, y serán transportados directamente a locaciones a menos de 50 metros de la zona de proyecto. Con un costo unitario por m<sup>3</sup> de C\$ 110 para el material selecto y C\$ 80 hormigón.

Las estructuras metálicas y material bolon necesarios para la construcción de gaviones deben ser adquiridas de una agencia distribuidora autorizada y de un

banco de materiales respectivamente, con un costo actual de C\$ 1075 y 689.25 respectivamente.

## **Demolición y Restauraciones.**

La demolición y restauraciones deben realizarse si existen estructuras aledañas al proyecto que puedan interferir directamente con la ejecución del proyecto, ejemplo de esto es la existencia de postes de electricidad y de telefonía, los cuales deberán ser reubicados. También se removerá toda vegetación de árboles y arbustos que interfieran con el paso de maquinaria o que puedan comprometer la integridad del concreto por la caída de hojas o suciedad.

## **Carpeta de Rodamiento.**

**Nivelación y conformación:** La nivelación y conformación de terreno se realiza para preparar el suelo para la ubicación del material de la base. Debe realizarse en toda el área donde se vaya a colocar el concreto. Se extiende por 3900 m<sup>2</sup> y tiene un costo unitario de CC\$.25

**Revestimiento de material mixto:** El revestimiento del material mixto es la colocación de la base a utilizar utilizando los materiales previamente transportados. Tiene un costo unitario de C\$ 40 por metro cuadrado. El cual deberá ser seguido por la terracería, el cual tiene un costo de C\$ 130 por metro cuadrado.

**Rodamiento de concreto:** Se refiere a la colocación de la capa de rodamiento final, la cual estará formada de concreto hidráulico, incluyendo la instalación de accesos a las intersecciones en calles se necesita un total de 468 m<sup>3</sup> de mezcla con un costo unitario actual de C\$4100 .

## **Obras de drenaje.**

**Cunetas:** la instalación de cunetas se dará por todo lo largo de la vía en ambos extremos de esta, su colocación es el simple moldeo del concreto del revestimiento

a una altura de no más de 10 cm, su colocación tiene un costo unitario lineal de C\$50.

### **Obras de protección.**

**Gaviones:** Se refiere a la instalación de gaviones a lo largo de un segmento de la vía en donde es necesaria la instalación de una forma de soporte, ya que en ese sector existe un cauce, la instalación debe realizar con los materiales previamente adquiridos. Con un costo por instalación de C\$ 150 por cada gavión instalado.

### **Señalizaciones.**

**Señalización horizontal:** La señalización horizontal se refiere a las señales que deberán ser pintadas sobre la superficie de rodamiento una vez este haya terminado su fraguado, incluyendo la línea de división de carril y las líneas de alto.

**Señalización vertical:** Se refiere a las señalizaciones rotuladas de alto y de advertencia, siendo en total 40 señalizaciones con un costo unitario de C\$350.

### **Limpieza final y entrega.**

La limpieza final y entrega se realizara cuando el proyecto esté terminado, se debe limpiar de residuos u escombros y residuos al finalizarse el proyecto. La limpieza final se realizara en el área total del proyecto con un costo unitario de C\$50.

## CONCLUSIONES.

- Tras el estudio completo del tramo y la realización de los cálculos pertinentes se definió que: el tránsito semanal promedio es de 726 vehículos. El promedio de motocicletas que transitan al día es de 128 vehículos/día. Esto representa un porcentaje de 45.1% del total de vehículos, una tasa de crecimiento del 2.5% y un vehículo de diseño de C2.
- En la realización de los cálculos de tránsito de diseño total para un periodo de diseño de 20 años se obtuvo un valor total de 820494 vehículos siendo estos la mayoría automóviles. En la determinación del ESAL de diseño el valor total resultante fue de 199969, obteniendo el valor más alto de 68712 correspondiente a los vehículos pesados de carga c2Lv el cual representa el 34.3 % del total de ESAL de diseño. Seguido por los vehículos pesados de Carga C2 mayor a 5 Tn, con un ESALS de 61759, que representan un 30.8 % del total.
- Las secciones típicas de la vía, resultaron ser 3 debido al comportamiento de la vía y de muchas propiedades interviniendo en el área que se proyecta la calle, esto generaría un mayor costo si estas propiedades se indemnizaran, por lo cual se considera una circulación en un sentido para la parte más estrecha de la vía, esto queda en las estaciones 0+260 a la estación 0+580 considerando el desvío para los vehículos que circulen de sur a norte como se indica en los planos.
- Para la adecuada circulación de los vehículos a ingresar haciendo uso de las calles aledañas, se determinó la necesidad de realizar accesos no menores de 10 metros en cada intersección de la vía que no contenga revestimiento alguno, ya que esto evita el desgaste para los neumáticos de los automóviles y ayuda a prevenir la erosión del agua en los costados del concreto.

- En base a los resultados obtenidos en los laboratorios, la clasificación de los suelos según la norma AASHTO en su designación fueron los siguientes **(A-1-b),(A-2-4 )(A-2-6) (A-4)(A-5)(A-7-5)** siendo el **A-2-4** que predomina en las muestras del suelo, estos suelos la mayoría no presentaban plasticidad, es muy baja a excepción del **A-7-5** que es un suelo muy arcilloso según su clasificación.
- El C.B.R. de la subrasante a lo largo del tramo resultó ser muy bajo, con valores variables entre **5.3%** y **14%** con un 95% de compactación. Para ello, se promediaron los valores resultantes de los ensayos, obteniéndose una Capacidad de Soporte del Suelo de **9.71%**.
- Para la estructura de la base que estará sometida la losa de concreto se determinó de 8 pulgadas se hará una combinación de los bancos de Nejapa y Matecsa logrando una relación de 70% selecto y 30% hormigón para poder lograr alcanzar las especificaciones Básicas que establece la NIC 2000 para Sub-Rasante, Base y Sub-base.
- Se deberá escarificar 12.5 pulgadas hasta llegar a la subrasante y esta deberá ser recompactada con un 95% de compactación por medio de Proctor Estándar.
- Al aplicar los factores que se necesitan para calcular el espesor de la losa mediante el suplemento de la guía AASHTO 98, se concluye que se considera un concreto ( $f'c$  de 4000 psi) con un módulo de ruptura de la losa de (632.5 psi )obteniéndose en este caso un espesor, menor del que considera es por eso que se auxilió de un software (WINPAS12) basado en parámetros semejantes en relación al diseño del espesor de un concreto hidráulico resultando en este un espesor de 4.17 pulgas. pero por razones de control se recomienda poner un espesor de 4.5 pulgadas ya que

estaremos verificando que el espesor empleado sea el que se propone para este diseño.

- La estructura del pavimento de concreto hidráulico quedo definida de la siguiente manera 4.5 pulgadas el espesor que tendrá la losa, 8 pulgadas que tendrá la base para disminuir esfuerzos y por último la subrasante que será escarificada y recompactada.
  
- Durante la ejecución del costo propio del proyecto se concluyó que no era viable la instalación de andenes ya que el ancho de vía resulta ser demasiado pequeño, en los planos se aprecia el alineamiento de la vía.
  
- 
  
- Como resultados obtenidos tenemos que el costo total del proyecto es de C\$ 4, 939,272.24 desglosado de la siguiente forma: costos directos\$ 3, 768,135.67, total precio de venta C\$ 4, 257,993.31 impuestos C\$ 681,278.93 IVA 15% C\$ 638,699.00 alcaldía 1% C\$ 42,579.9 costo total C\$ 4, 939,272.24.

## RECOMENDACIONES.

- Se deberá hacer una correcta instalación de señalizaciones de tránsito tanto horizontal como vertical, para garantizar la seguridad peatonal y vehicular ya que en la actualidad son muchos los accidentes registrados por no respetar las señales de tránsito.
- En los lugares cercanos al colegio poner reductores de velocidad, una buena señalización y sobre todo garantizar un paso peatonal por la cantidad de estudiantes que circulan en el sector.
- Se recomienda la realización de cambios de nivel de pozos de visita acorde a los nuevos niveles de corte y relleno a realizarse para que estos no presenten defectos en la vía.
- Se recomienda que después de ser ejecutado el proyecto se realice un estudio de tránsito, para analizar el comportamiento vehicular. Esto ayudara a llevar un control de como se aprovecha la vía y una posible ampliación.
- La comunicación anticipada a los habitantes que serán afectados con respecto a las demoliciones a realizarse en dichos sectores del tramo y la correcta revisión de la seguridad de las estructuras a demoler.
- Verificar que la superficie de base este adecuadamente limpia y libre de materiales extraños que impidan la colocación correcta del concreto hidráulico.
- Supervisar estrictamente que el espesor de losa sea el acordado en el diseño, ya que el concreto puede fallar si no está colocado correctamente y con el espesor anteriormente definido.

- Realizar una buena compactación para la preparación del terreno tanto en la base como en subrasante para que esto no genere deformaciones en la losa para evitar inconvenientes en la vía.
- El material del Banco Nejapa tipo hormigón rojo, como la arena limosa del Banco Matecsa, no cumplen para ser utilizados de forma individual en estructuras de pavimento se deberá realizar una mezcla entre ambos Bancos.
- Se recomienda que para la capa de la base de la estructura de pavimento cuando se haga la colocación deberá ser compactada en capas con espesor máximo de 20 cm al 95% de Proctor Modificado.
- Se recomienda la utilización de moldes de madera, para el llenado de cunetas y bordillos ya que estos tienen la facilidad de moldearse, debido a su fácil manipulación, a pesar de las desventajas del desgaste de esta.
- La apertura del tráfico será después de los 28 días cuando el concreto alcanza su máxima resistencia, para impedir daños en la vía se debe poner obstáculo para que la población no pueda circular mientras tanto.
- Debido a la existencia de un cauce paralelo a la calle este podrá ser utilizado como un sistema de drenaje con el fin de evacuar las aguas pluviales hacia él, con el fin de evitar erosiones e inundaciones en la vía.
- Cuando se tengan que realizar los corte de las juntas de contracción longitudinal y transversal en el pavimento, se debe realizar cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución.

- Mantener una constante vigilancia con respecto a las alzas de los precios de los materiales de construcción después de que el proyecto sea aprobado, ya que eso afectara directamente los alcances de este.
- Una vez finalizado el proyecto se debe programar su seguimiento y mantenimiento periódico, lo cual conlleva el texturizado del pavimento, sellado de juntas y limpieza de estas. Así como el mantenimiento de las señales de tránsito.

## BIBLIOGRAFIA.

**American Association of State Highway and Transportation. (1998).** AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1998. E.E.U.U.: Published by the Officials.ISBN1-56051-055-2.

**Anuario de Aforos Tráfico. Managua,2008,2009,2013.**Ministerio de Transporte e Infraestructura.

**Asociación Dominicana de Productores de Cemento Portland. (2013).**Diseño de Vías de Alto Volumen. Santo Domingo: EPSA LABCO.

**Catálogo de etapas FISE.**Fondo de Inversión Social de Emergencia Módulo de Costos y Presupuestos Catálogo de Etapas y Sub-Etapas al 08/AGOSTO/2007.

**CEMEX. (2015). Características del Pavimento Rígido. México:** Cemex.

**Crespo Villalaz, C. (n.d.). Mecánica de Suelos y Cimentaciones (4 ed.).** México: Limusa.

**Diseño y conservación de Pavimentos.** Mexico:Chiao.Universidad Nacional Autónoma de México. (2014).

**Especificaciones Generales Para la Construcción De caminos,calles y puentes NIC-2000.**Ministerio de Transporte e Infraestructura.

Ing. Marvin Blanco Rodríguez e Ing. Iván Matus Lazo. (s.f.). **Guía de Laboratorio de Mecanica de Suelos.** Managua, Nicaragua.: UNI-FTC.

**Diseño y Construcción de turbede, J. C. (2002)**Instituto del Cemento Portland Argentino. (2012).

**Ingeneria de Transito.** Fundamentos y Aplicaciones.7ma edi.Rafael cal y mayor Resyes Spinola,James Cardenes Grisales.

**Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.** Guatemala: SIECA-USAID.

**Manual centroamericano para diseños de pavimento.sistema de integracion Econmica(SIECA)(2004).**

**Manual Para la Revisión de Estudios Geotécnico 3-08/2008.** Ministerio de Transporte e Infraestructura

Software basado en el suplemento de la guía AAHSTO 1998 y 1993

