



**Universidad Nacional de Ingeniería  
Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Tesina**

**Diseño de estructura de pavimentos de adoquín en la zona urbana del  
Municipio del CUA Jinotega.**

Para optar al título de ingeniero civil

**Presentado por**

Br. Ismael Ricardo Moreno López

**Tutor:**

Msc.Ing .José Bustamante Arteaga

Managua, Diciembre 2015

## **Dedicatoria**

Le dedico esta tesina a Dios porque me dio la inteligencia para desarrollar el trabajo y culminar mis estudios universitarios siempre dándome las fuerzas para triunfar.

A mis padres que siempre fue su anhelo verme preparado y terminada mi carrera, quienes con dedicación supieron llevarme por el camino de la educación con mucho esfuerzo y sabiduría.

A mis hermanos por siempre apoyarme a lo largo de mi periodo educativo y su motivación constante para ser una persona de bien.

## **Agradecimientos**

En primer lugar le agradezco a dios porque me permitió alcanzar una meta más en mi vida y por siempre darme la fortaleza así como sabiduría para concluir mi carrera con éxito a pesar de las dificultades y luchas de cada día me ha permitido triunfar en la vida.

A mis padres que siempre estuvieron ahí para apoyarme y creyendo en mí haciendo grandes sacrificios para darme un mejor futuro y una profesión para así salir adelante.

A mis maestros por haberme enseñado el camino del saber y siempre estar ahí dando lo mejor para que seamos profesionales exitosos.

Le agradezco a mi tutor Ing. José Bustamante Arteaga por su gran esfuerzo y colaboración para apoyarme en mi tesina compartiendo sus conocimientos y así llevar a cabo dicho trabajo.

## Resumen del tema.

En el presente trabajo se elaboró el Diseño de espesores de pavimento con adoquín, en el tramo de carretera calle principal Municipio del CUA Departamento de Jinotega utilizando el método AASHTO 93.

Se realizó el estudio de tráfico de dicha vía para determinar el ESAL de diseño, los resultados de los cálculos proporcionaron una carga de diseño de 865,454.05 ejes equivalentes para dicho tramo de carretera.

Se hizo el análisis del estudio geotécnico del tramo a diseñar por medio del cual se conocen las características del suelo para saber si amerita tratamiento o un cambio de material en las capas que lo requieran, donde se analizó los datos de las pruebas de suelo del banco de materiales el arenal y de línea proporcionados por la Alcaldía del CUA y realizados por la empresa consultora **Ingeniería de Materiales y Suelos**, con los cuales se obtuvo un CBR de las muestras del 20 % el cual amerita tratamiento con suelo cemento.

Se determinaron los espesores de pavimentos por medio del método AASHTO 93 donde dicho método requiere información basada en las características y propiedades de los materiales que conforman los suelos de cada capa de la estructura, así como la composición vehicular que someterá la estructura de pavimento a las cargas variables de tránsito, dado eso se realizó el cálculo de los espesores que comprenden las capas de la estructura de pavimento.

Se elaboró la evaluación del impacto ambiental para identificar las actividades de mayor daño y se propuso las obras de mitigación pertinentes donde se evaluaron los impactos positivos en la zona así como las afectaciones al medio.

## Glosario de Definiciones Técnicas

En el presente documento serán empleado los siguientes términos técnicos, los que son explicados a continuación según su definición.

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

**Adoquín:** Es una piedra o bloque labrado de forma rectangular que se utiliza en la construcción de pavimentos.

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

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

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

**CBR:** Es un ensayo para evaluar la cantidad de un material de suelo con base en su resistencia medida a través de un ensayo de placa a escala. CBR significa en español relación de soporte California, por las siglas en inglés California Bearing Ratio.

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

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

**Pavimento:** Se define como pavimento a la estructura de una vía construida sobre la sub- rasante y compuesta normalmente por la su- base, la base y la capa de rodamiento. Tiene como función principal soportar las cargas vehiculares y transmitir los esfuerzos al terreno, distribuyéndolo de tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales para la carretera.

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

**Rasante:** Consideración de una línea, de una calle, camino o terreno con respecto a su inclinación con la horizontal. Línea que marca el encuentro del terreno con el parámetro vertical de un edificio

**Sub-base:** Es una capa, generalmente constituida por agregados pétreos convenientemente graduados y compactados, construida sobre la Sub- rasante, y sobre la cual puede construirse la base cuando sea necesaria.

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

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

**Módulo Resiliente:** Esfuerzo repetido axial de la desviación de la magnitud, duración y frecuencia fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado.

## **Abreviaturas**

**AASTHO:** American Associations of State Highway and Transportation Officials.

**ASTM:** American Society for Testing Materials.

**CBR:** California Bearing Ratio.

**ESAL'S:** Equivalent Axial Load.

**IBCH:** Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón.

**INEC:** Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos.

**IP:** Índice de plasticidad.

**LP:** Limite plástico.

**LL:** Limite líquido.

**MR:** Modulo de Resiliencia.

**MTI:** Ministerio de Transporte e infraestructura, Nicaragua.

**SN:** Numero Estructural.

**SIECA:** Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos).

**SUCS:** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

**TPDA:** Transito promedio Diario.

**VPD:** Volumen Promedio Diario.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCION .....	1
II. ANTECEDENTES .....	2
III- JUSTIFICACION .....	3
IV- OBJETIVOS.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos. ....	4
CAPITULO I.....	5
CAPITULO I- ESTUDIO DE TRANSITO .....	6
1.1 Volúmenes de Tránsito.....	6
1.2 Factores de ajuste para el cálculo del TPDA.....	7
1.2.3 Expansión a 24 horas.....	8
1.2.4 Factor Semana .....	9
1.2.5 Factor Expansión.....	9
1.3 Composición Vehicular .....	10
1.4 Periodo de diseño.....	11
1.5 Factores de Distribución de Tránsito .....	12
1.5.1 Factor de Distribución por Sentido (fs).....	12
1.5.2 Factor de Distribución por carril (fc.....	12
1.6 Tasa de Crecimiento (T <sub>c</sub> ). ....	13
1.6.2 Crecimiento Poblacional .....	14
1.7 Factor Crecimiento. ....	15
1.8 Tránsito de Diseño (TD).....	16
1.9 Cálculo de ejes equivalentes de diseño.....	17
CAPITULO II.....	20
CAPITULO II: ESTUDIO GEOTECNICO .....	21
2.1 Especificaciones para materiales que forman la estructura de pavimento con adoquín.....	22
Sub – rasante. ....	22
Sub – Base. ....	22
Base. ....	22
2.2 Sondeos manuales de Línea de estudio.....	23

2.3 Clasificación de las muestras .....	24
2.4 Sondeo en banco de material .....	27
2.5 CBR de Diseño .....	27
CAPITULO III, .....	30
3.1 Método AASHTO 93 para el diseño y evaluación de pavimentos.....	31
3.2 Criterios del método AASHTO 93 para cálculo de espesores .....	31
3.2.1 Factores Equivalente de Carga ( $F_{ei}$ ). .....	32
3.2.2 Ejes Equivalentes (ESAL o W18). .....	32
3.2.3 Confiabilidad. ....	32
3.2.4 Desviación Estándar ( $S_o$ ). ....	33
3.3.5 Serviciabilidad.....	33
3.2.6 Índice de Serviciabilidad Inicial ( $p_o$ ). ....	34
3.2.7 Índice de Serviciabilidad Final ( $P_t$ ). ....	34
3.2.8 Pérdida de Serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ): .....	34
3.2.9 Módulo Resiliente. ....	34
3.3 Coeficiente de Capas ( $a_i$ ) .....	36
3.4 Carpeta de rodamiento: ( $a_1$ ) .....	36
3.5 Base Tratada con Cemento: ( $a_2$ ) .....	37
3.6 Sub Base ( $a_3$ ) .....	38
3.6 Drenaje .....	38
3.7 Números estructurales (SN). ....	39
3.8 Cálculo de espesores .....	41
CAPITULO IV: .....	44
4.1 Estudio de impacto Ambiental .....	45
4.2 Matriz de valoración de impactos positivos y negativos.....	46
4.3 Interpretación de la matriz de importancia impactos positivos y negativos..	49
4.4 Impactos positivos .....	49
V. CONCLUSIONES .....	52
VI RECOMENDACIONES .....	53
VII Bibliografía .....	54
ANEXOS.....	I
Macrolocalización .....	I
Microlocalización .....	II



## I. INTRODUCCION

En Nicaragua el problema con las vías de comunicación es muy serio, se encuentran en mal estado la mayoría por falta de mantenimiento y un diseño que no se ha logrado cumplir en su totalidad de la carpeta de rodamiento esto acompañado de un bajo presupuesto para hacerle frente a esta situación. Las carreteras y caminos son la parte fundamental para el crecimiento socioeconómico de nuestro país, optimiza las necesidades de los usuarios permitiendo mejor calidad de vida en la población.

El Municipio del CUA está localizado a 207 km de nuestra capital Managua, y 76 km de la cabecera departamental. Limita al norte con Wiwilí, al sur con el Tuma la Dalia, al este con Rancho Grande Matagalpa y al oeste con el Municipio de Jinotega, extendiéndose sobre la parte noreste de la cordillera Isabelia. Es zona del trópico seco con un periodo lluvioso de mayo a enero, con alta pluviosidad esto ocasiona que su red vial se deteriore rápidamente por las altas precipitaciones durante la mayoría de los meses del año.

Las vías de acceso en la ciudad son de macadán en su mayoría, su principal carretera recorre la cabecera municipal y se comunica por el sur con los Municipios de Jinotega y la Dalia la cual está en mal estado por falta de rehabilitación, siendo esta la calle central y posee el mayor tráfico vehicular por tal razón la demanda de los usuarios es mayor.

El trabajo está orientado a realizar el diseño de espesores en pavimento de adoquín en la parte urbana, planteando la situación actual ya que esta ciudad necesita vías que suplan las necesidades de la población mejorando su calidad de vida en los usuarios por que una buena vía de acceso mejora las condiciones socioeconómica del Municipio.

## II. ANTECEDENTES

En Nicaragua el problema con las vías de comunicación son constantes y están extendidos por todo el país, ya que las carreteras están en mal estado en su mayoría por falta de mantenimiento, donde se han venido deteriorando con los años. Tal razón causa un estancamiento en el desarrollo de la economía en la población. Ya que la infraestructura vial es el motor del crecimiento de un país.

El Municipio del CUA presenta caminos de macadán en su mayoría, estos comunican con municipios vecinos como Jinotega, La Dalia y Pantasma. Estas carreteras son aprovechadas para el transporte de la población y comercializar la producción de los pequeños y medianos productores que conforman la mayoría de la población.

El proyecto a elaborar está localizado en la calle principal desde la salida que conduce hacia La Dalia hasta el sur de la ciudad pasando por el centro del casco urbano. Donde presenta numerosos baches y lodo por las intensas lluvias además no cuentan con cuneta revestida que evacúe el agua para así darle mejores condiciones.

Se han realizado intervenciones pasadas para mejorar las condiciones de la vía, pero con el pasar del tiempo la carpeta de macadán se va deteriorando. En el invierno hay muchas afectaciones que repercuten en la población, como es el difícil acceso ya que el suelo se torna muy plástico por las lluvias. Además los charcos de aguas provocan criaderos de sancudos que provocan enfermedades entre los pobladores aledaños a la zona.

### **III- JUSTIFICACION**

Una buena infraestructura vial es parte fundamental en el crecimiento socioeconómico de un país, por tal razón las carreteras y caminos en buen estado son el empuje en el desarrollo de la población, los usuarios tienen menos gastos en mantenimiento y se reduce el consumo en combustible de su vehículo, además el comercio experimenta un rápido crecimiento generando ganancias e ingresos en la población.

El proyecto inicia en la parte sur de la ciudad del CUA que conduce hacia la Dalia dirigiéndose por el centro del Municipio lo que beneficiara a la población aledaña y a estudiantes que asisten al instituto. Es muy importante construir la vía de acceso adoquinada ya que viene a mejorar la calidad de vida a la población porque son afectados en el invierno por numerosos charcos ocasionando lodo en sus alrededores que provocan criadero de mosquitos y en el verano los pobladores sufren diferentes enfermedades respiratorias por la cantidad de polvo que desprende el camino de macadán por falta de humedad.

## **IV- OBJETIVOS**

### **Objetivo General.**

- Diseñar los espesores de pavimento con adoquín en el tramo de carretera calle principal Municipio del CUA departamento de Jinotega utilizando el método AASHTO 93.

### **Objetivos Específicos.**

- Realizar estudio de tráfico para determinar las cargas de diseño que circulan por dicho tramo de carretera.
- Analizar estudio de suelo de la línea y bancos de materiales determinando sus características físicas-mecánicas para su adecuada utilización en el diseño proporcionado por la Alcaldía del CUA Jinotega.
- Determinar los espesores de la capa de pavimento utilizando el método AASTHO 93.
- Elaborar evaluación de impacto ambiental para identificar las actividades de mayor daño y proponer las obras de mitigación pertinentes.

# **CAPITULO I**

## **ESTUDIO DE TRANSITO**

## **CAPITULO I- ESTUDIO DE TRANSITO**

El principal objetivo del estudio de tránsito es obtener a través de métodos sistemáticos colecta de datos, información relativa a los elementos fundamentales del tráfico, aunque hoy en día se debe tomar en consideración el entorno ambiental y su relación.

Por medio del estudio de tráfico es posible conocer el número de vehículos que circulan por una vía en determinado periodo, sus interacciones, zonas de estacionamientos, los sitios de incidencia de accidente así como los orígenes y destinos de cada vehículo.

Para elaborar el diseño se realizó un aforo manual en el tramo de carretera calle principal del Municipio del CUA precisamente en la estación 0+320. Donde se hizo uso de un formato en papel para marcar cada tipo de vehículo que circulaba por la zona en estudio, el aforo se realizó durante siete días que comprende el periodo del lunes 19/01/2015 al domingo 25/01/2015 en horario de 6am a 6pm por lo tanto el aforo realizado fue diurno con un total de 12 horas de conteo.

### **1.1 Volúmenes de Tránsito.**

La información que se obtiene sobre los volúmenes de tránsito es de gran utilidad en la planeación de transporte, diseño vial, así como operación e investigación. El aforo realizado en dicho tramo de carretera arrojó los siguientes datos que se detallan en la tabla N° 1. Donde se realizó un conteo vehicular diurno durante una semana de 12 horas diarias de 6 am a 6 pm.

## Tabla N°1 Tránsito promedio Diurno

PERIODO: 19/01/2015 - 25/01/2015  
 PUNTO DE AFORO  
 Calle Principal  
 Est 0+320

TIPO DE VEHICULO	DIAS AFORADO							Total	TPD
	LUNES 19/01/2015	MARTES 20/01/2015	MIERCOLES 21/01/2015	JUEVES 22/01/2015	VIERNES 23/01/2015	SABADO 24/01/2015	DOMINGO 25/01/2015		
AUTOMOVIL	114	79	212	99	136	107	155	902	129
JEEP	35	43	27	63	45	55	41	309	44
CAMIONETA	211	177	145	123	98	118	139	1011	145
MB<15 PASAJEROS	9	26	6	5	7	9	14	76	10
MB>15 PASAJEROS	7	6	1	0	1	0	0	15	2
BUS	51	34	32	38	41	43	22	261	37
C2	38	43	27	55	36	51	23	273	39
C3	0	3	1	2	0	1	0	7	1
<b>TOTAL</b>								<b>2854</b>	<b>407</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 1.2 Factores de ajuste para el cálculo del TPDA.

Para estimar los valores del TPDA correspondientes a los datos obtenidos en los conteos de las estaciones de corta duración o conteo sumaria, se aplicaron factores que corresponden a los valores de volúmenes de tráfico encontrados en las estaciones de mayor cobertura, ya que no se tiene un listado histórico de TPDA en la ECS ni se tienen factores de expansión para la ECS, debido a eso se trabajó con la estación de mayor cobertura que es la 300 y la ECS es la estación N° 5708 ubicada en el tramo Pavona Central - Valle el Cuá NIC- 57.

Tabla N° 2 Estaciones asociada a la estación de mayor cobertura 300

Estación de mayor cobertura 300		
NIC	N° ESTACION	NOMBRE DEL TRAMO
NIC-41	4101	Empalme San Gabriel- Sisle
NIC-44	2207	Chacaraseca- Las Sabanetas
NIC-44 B	2203	Empalme Puerto Momotombo- Momotombo
NIC-49A	4902A	La Aceituna-Estelí
NIC-49B	4901	Llanos de Colón -La Concordia
NIC-57	5708	Pavona Central-Valle el Cúa
NIC-57B	5706	El Pindongo-Pavona Central
NIC-51	5704	Empalme Peñas Blancas- Abisinia
NN-78	105B	Ciudad Darío -La Uva

Fuente: Anuario de trafico 2011.Pag 14

Para el presente diseño se seleccionó la estación de mayor cobertura 300 Sebaco Quebrada onda ya que esta cubre el territorio en estudio y comprende NIC-57 que está más cerca de nuestra carretera investigada.

### 1.2.3 Expansión a 24 horas.

Es cuando se expande el tráfico diurno de 12 horas a tráfico diario de 24 horas, se obtuvo mediante los resultados correspondientes de la estación de mayor cobertura 300, siendo la fórmula para calcular.

$$\text{Tránsito expandido a 24 hrs} = \text{Factor día} * \text{Tránsito 12 hr}$$

En la siguiente tabla se puede apreciar el tráfico expandido a 24 horas ya que el conteo vehicular realizado fue de 12 horas. Se utilizaron los factores de expansión de la NIC-57 que se presentan a continuación en la tabla N°3.

Tabla N°3 Factores de expansión a 24 horas estación de conteo Sumaria 5708

PAVONA CENTRAL-VALLE EL CUA		Estación de Conteo Sumaria :5708 NIC-57						FEBRERO 2011						
Camino :Nic-57	Estación: 5708 Tramo: Pavona Central -Valle El Cúa.													
Grupos	Motos	Vehículos Pasajeros						Vehículos de Carga						
		Autos	Jeep	Cam	Mc Bus< 15 s	Mn Bus 15-30s	Bus 30+s	Liv 2-5 ton	C2 5+t	C3	TX-SX < =4e	TX-SX > 5 e	Cx- RX <= 4 e	CX-RX >5 e
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16
TP(D)	35	1	1	15			10	2	5	0				
Factor Día	1.27	1.34	1.3	1.29	1.27	1.24	1.23	1.34	1.49	1.33	1.6	1.42	1.0	1.0

Fuente: Anuario de tráfico MTI 2011.

Tomando los factores días se procedió a realizar el cálculo donde se multiplicó cada factor por cada día aforado dando como resultado la expansión del tráfico vehicular a 24 horas como se muestra en la tabla N° 4.

Tabla N°4 Expansión vehicular a 24 horas.

Conteo Vehicular expandido a 24.0 Hrs.

TIPO DE VEHICULO	Factor Dia	DIAS AFORADO							Total	TPD
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO		
		19/01/2015	20/01/2015	21/01/2015	22/01/2015	23/01/2015	24/01/2015	25/01/2015		
AUTOMOVIL	1.34	153	106	284	133	182	143	208	1209	173
JEEP	1.30	45	56	35	82	59	71	53	401	57
CAMIONETA	1.29	272	228	187	159	127	152	179	1304	186
MB<15 PASAJEROS	1.27	11	33	8	6	9	11	18	96	14
MB>15 PASAJEROS	1.24	9	7	1	0	1	0	0	18	2
BUS	1.23	63	42	39	47	50	53	22	316	45
C2	1.49	57	64	40	82	54	76	34	407	58
C3	1.33	0	4	1	3	3	1	0	12	2
<b>TOTAL</b>									<b>3763</b>	<b>537</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 1.2.4 Factor Semana

Es el factor para expandir el resultado obtenido de un periodo corto de tres o cinco días de la semana al periodo semanal de siete días, en este caso se utilizara factor semana = 1, ya que el aforo se realizó la semana completa.

### 1.2.5 Factor Expansión

Es el factor para expandir el tráfico diario semanal al tránsito promedio diario anual TPDA obtenido de los factores de la estación de mayor cobertura 300. Ya que es la estación de mayor cobertura del MTI que cubre nuestro tramo de carretera en estudio.

En la siguiente tabla se muestra el transito anual diario ajustado donde se realiza la operación de la siguiente manera, el trafico promedio diario se multiplica por el factor semana y factor de expansión a TPDA dichos factores expansión fueron tomados de la revista de tráfico del MTI año 2009, ver tabla N °33 en anexos.

Tabla N° 5 Tránsito promedio diario anual ajustado

N°	TIPO DE VEHICULO	TPD	FACTOR SEMANA	FACTOR EXPANSION A TPDA	TOTAL TPDA
1	AUTOMOVIL	173	1	0.97	168
2	JEEP	57	1	1.00	57
3	CAMIONETA	186	1	0.97	180
4	MB<15 PASAJEROS	14	1	1.06	15
5	MB>15 PASAJEROS	7	1	1.18	8
6	BUS	45	1	0.98	44
7	C2	58	1	1.02	59
8	C3	2	1	0.99	2
<b>TOTAL</b>					<b>533</b>

Fuente: Elaboración Propia.

### 1.3 Composición Vehicular.

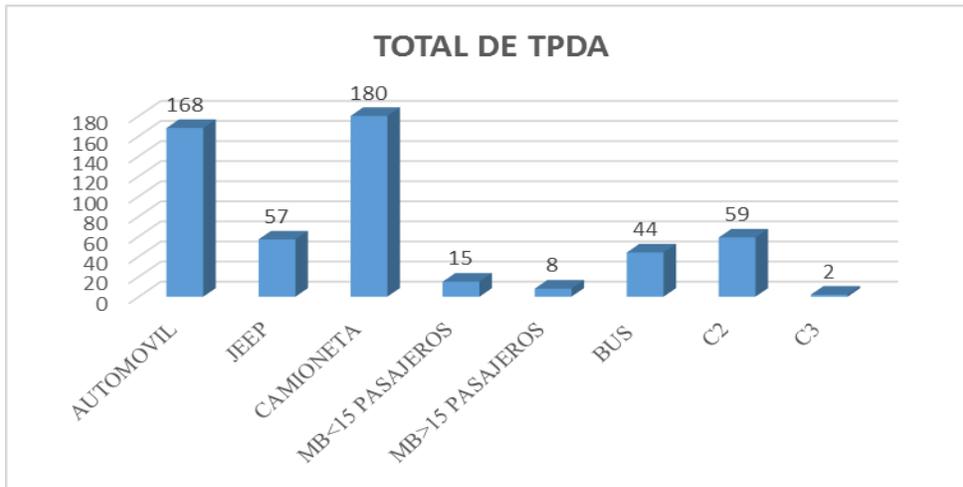
La composición vehicular correspondiente al sitio de estudio está clasificada de la siguiente manera.

**Vehículos Livianos:** Corresponden al **78.79%** del tránsito total que circula por ese tramo, siendo a su vez los de mayor porcentaje las camionetas con un **33.77 %**.

**Vehículos Pesados:** Corresponden al **21.20 %** del tránsito total que circula por ese tramo, donde los vehículos de mayor porcentaje son C<sub>2</sub> con un **11.06 %**.

Gráficamente la composición se detalla de la siguiente manera:

Grafico N° 1: Composición vehicular



Fuente Elaboración propia

#### 1.4 Periodo de diseño

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de Carreteras Regionales SIECA 2001 recomienda un periodo de diseño según las características de la vía diseñada donde realiza una clasificación según el tipo de carretera.

La vía en estudio se clasifica como colectoras sub-urbana, esto quiere decir que el periodo de diseño para ese tipo de carretera va de los 10 a 20 años. En el presente trabajo por efectos de diseño se utilizará un periodo de 15 años.

En la tabla N°6 se describe los diferentes periodos de diseño según el tipo de carretera y sus características.

Tabla N° 6 Periodos de diseño por tipo de carretera.

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

Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de carretera SIECA 2001.

## 1.5 Factores de Distribución de Tránsito

Los factores de distribución forman parte de las características de la vía, esta facilita la diferenciación de la vía y su servicialidad. Para el tránsito de diseño se consideran dos tipos de factores de distribución que son los siguientes, factor de distribución por sentido o dirección ( $f_s$ ) y factor de distribución por carril ( $f_c$ ).

### 1.5.1 Factor de Distribución por Sentido ( $f_s$ ).

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

### 1.5.2 Factor de Distribución por carril ( $f_c$ ).

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

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

Tabla N°7 Factores de Distribución por carril.

Numero de Carriles en una Dirección	Factor LD°11
1	1
2	0.80-1.00
3	0.60-0.80
4	0.50-0.75

Fuente: Manual centroamericano para el diseño de carretera SIECA.

## 1.6 Tasa de Crecimiento (Tc).

Es el crecimiento de volumen de tránsito en una vía, expresado en porcentaje. Se determinó basándose en los datos de las estaciones de conteo, así como también tomando en cuenta otras variables, como datos históricos del TPDA de la EMC 5708, el producto interno bruto PIB del periodo 2001-2011 y el crecimiento poblacional de la zona.

A continuación se muestra el producto interno bruto PIB producido por nuestro país, esta variable es el valor de todos los bienes y servicios finales producido en un término de tiempo, el cual se utiliza como un indicador de la riqueza generada por una nación durante un año, un trimestre o un periodo de tiempo.

Tabla N° 8 Producto interno bruto PIB

<b>AÑO</b>	<b>PIB</b>	<b>% Crecimiento PIB</b>
2001	27,887.40	3
2002	28,087.50	0.8
2003	28795.5	2.5
2004	30,325.20	5.3
2005	31,623.90	4.3
2006	32,936.90	4.2
2007	34.136.90	3.6
2008	35,078.80	2.8
2009	34,563.40	-1.5
2010	36,112.00	4.5
2011	37,809.00	4.7
<b>Promedio</b>		<b>3.11</b>

Fuente: Estadísticas microeconómicas, BCN.

Tomando en cuenta el PIB de los últimos 11 años se realizó el cálculo de un valor promedio del crecimiento del producto interno bruto el cual fue de 3.11%.

### 1.6.1 Crecimiento vehicular.

Para determinar la tasa de crecimiento vehicular se aplicó la siguiente ecuación.

$$TC = \left( \frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento vehicular.

TPDAi: Tráfico promedio diario actual.

TPDAo: Tráfico promedio diario del año base.

n: Diferencia de años.

Para analizar el comportamiento vehicular se tomó en cuenta los datos históricos de la estación sumaria N° 300 del MTI, ya que en la zona en estudio no se cuenta con los datos históricos. En la siguiente tabla se muestran los datos históricos del TPDA.

Tabla N°9 Datos históricos del TPDA de la estación 300.

Listado historico de TPDA							EST:300	NIC-3		
AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TPDA	2664	2642	2678	2649	2677	2627	2629	2917	3403	3538

Fuente: Anuario de trafico MTI 2011.

Se procede a desarrollar la ecuación planteada anteriormente para el periodo 2009-2010 y así calcular la tasa de crecimiento vehicular de la zona en estudio.

$$Tc = \left( \frac{3403}{3538} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 = 0.019 * 100 = 1.90\%$$

### 1.6.2 Crecimiento Poblacional

Cuando hablamos de crecimiento poblacional nos referimos al cambio en la población en un cierto plazo de tiempo y puede ser cuantificado como el cambio de número de individuos en una población usando tiempo por unidad para su medición.

Para este diseño se analizó la tasa de crecimiento poblacional del Departamento de Jinotega con el cual se trabajó, ya que no existe una tasa de crecimiento por Municipio. Donde se basó en las estadísticas cuantificada por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo INIDE, donde se obtuvieron la tasa de crecimiento por regiones y Departamentos, para la proyección se tomó la población base del 2005. A continuación se presenta la tasa de crecimiento donde se calculó un promedio para nuestro diseño.

Tabla N°10 Tasa de Crecimiento proyectada (2005-2025)

<b>Año</b>	<b>Tasa de Crecimiento Tc</b>
2005-2010	2.26
2010-2015	2.17
2015-2020	2.06
2020-2025	1.93
<b>Promedio Tc</b>	<b>2.1</b>

Fuente: Instituto Nacional de Información de Desarrollo INIDE 2007

El cálculo de cada variable en particular indica lo siguiente.

Los datos del PIB nos indican una tasa de crecimiento de 3.11% comprendido del periodo 2001 al 2011.

Los datos del TPDA de la estación 300 nos brindan una tasa de crecimiento de 1.90%.

Los datos del crecimiento poblacional de Jinotega desde el año 2005 al 2025 nos indican una tasa de crecimiento de 2.10%.

Luego de analizar los datos anteriores se puede calcular un promedio de las tasas de crecimiento del PIB, la EMC 300, el crecimiento poblacional del Departamento de Jinotega quedando el cálculo de la siguiente manera.

Tabla N° 11 Tasa de Crecimiento Vehicular Resultante

Tasa de Crecimiento PIB	3.11%
Tasa de Crecimiento del TPDA	1.90%
Tasa de Crecimiento Poblacional	2.10%
<b>Tasa de Crecimiento Vehicular Resultante</b>	<b>2.37%</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 1.7 Factor Crecimiento.

El factor de crecimiento está en función de la tasa anual de crecimiento y el periodo de diseño de la estructura de pavimento, el cual se calcula utilizando la siguiente ecuación.

$$F_C = \frac{[(1 + T_C)^n - 1]}{T_C}$$

Se procede a realizar los cálculos para determinar el factor crecimiento para el diseño.

$$F_C = \frac{[(1 + 0.0237)^{15} - 1]}{0.0237} = 17.72$$

Ya efectuando la operación queda el factor crecimiento de la siguiente manera.

Tabla N° 12 Factor de crecimiento

Tipo de Vehículo	Tasa de Crecimiento	Factor Crecimiento
Vehículos livianos y Pesados	2.37%	17.72

Fuente: Elaboración Propia

El cálculo determina un factor de crecimiento de 17.72 para el diseño a realizar en un periodo de diseño de 15 años con el cual se trabajó.

### 1.8 Tránsito de Diseño (TD).

El tránsito de diseño se obtiene según el modelo matemático que recomienda la AASTHO, donde se multiplica el Transito Actual (TPDA) de cada tipo de vehículo luego se multiplica por el factor crecimiento (Fc), así como por la tasa de crecimiento de la zona en estudio, además por el Periodo de Diseño (n).Luego de esto debemos considerar el Factor de Distribución por sentido (fs), se realiza el cálculo multiplicando por el Factor de Distribución por carril y la cantidad de días del año que son 365.

A continuación tenemos la formula indicada por la AASTHO para realizar el cálculo del tránsito de Diseño.

$$T_D = TPDA \times F_C \times f_s \times f_c \times 365$$

Dónde:

**TPDA** = Transito Promedio Diario Anual.

**F<sub>c</sub>** = Factor de Crecimiento.

**f<sub>s</sub>** = Factor de Distribución por Sentido.

**f<sub>c</sub>** = Factor de Distribución por Carril.

Una vez teniendo todos los datos procedemos a resolver quedando el cálculo proyectado a 15 años como muestra la tabla N°13.

Tabla N°13 Tránsito de diseño proyectado.

TIPO DE VEHICULO	TRANSITO ACTUAL	TRANSITO PROYECTADO (2030)	F.C	FACTOR POR CARRIL	FACTOR DE DIRECCION	TRANSITO PARA EL CARRIL DE DISEÑO
AUTOMOVIL	168	201	17.72	1	0.5	543295.20
CAMIONETA	180	217	17.72	1	0.5	582102.00
JEEP	57	70	17.72	1	0.5	184332.30
MB<15 PASAJEROS	15	16	17.72	1	0.5	48508.50
MB>15 PASAJEROS	8	4	17.72	1	0.5	25871.20
BUS	44	54	17.72	1	0.5	142291.60
C2	59	71	17.72	1	0.5	190800.10
C3	2	2	17.72	1	0.5	6467.80
<b>TOTAL</b>						<b>1,723,668.70</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 1.9 Cálculo de ejes equivalentes de diseño

Si bien sabemos los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje vehicular con una carga y para que resista un determinado peso aplicado durante su vida útil. Un tránsito mixto está compuesto de vehículos de diferentes pesos y números de ejes que para efecto de cálculo se les transforma en un número de ejes equivalentes de 80kn o 18kips, por lo que se le denomina "Equivalent Simple axial load" o ESAL's (ejes equivalentes).

Para realizar el cálculo de ESAL'S de diseño es necesario conocer con anticipación el peso de los vehículos que circulan por el camino durante el periodo de diseño y el factor equivalencia de carga. Es válido destacar que los pesos de los vehículos que circulan por dicha vía, fueron tomados del Departamento de Pesos y Dimensiones del Ministerio de Transporte e Infraestructura Nicaragüense en donde se describen los tipos de pesos de vehículos para nuestro país. Ver tabla N°34 en anexos.

Luego con todos los datos recopilados se procede a realizar la tabla para obtener el valor ESAL'S que soportaría la vía durante el periodo de diseño estimado, se debe asumir un valor inicial de SN para este diseño se asume un valor inicial de SN= 5,

ya que el valor representa el número estructural en pavimentos flexibles apoyado en la Guía AASTHO 93 y un valor Pt de 2.0.

Para realizar el cálculo de los ejes equivalentes de diseño es necesario conocer con anticipación el peso de los vehículos que circularan por el camino durante el período de diseño y el factor de equivalencia de carga, luego con todos los datos recopilados anteriormente se realiza la tabla para obtener el valor de ESAL'S que soportaría la vía durante el periodo de diseño estimado, se debe de asumir un valor inicial de SN, para este diseño se asumió  $SN=5$  (Ver Anexos Tabla 35, 36,37).

Cabe señalar que los factores ESAL'S fueron interpolados ya que se trabajó con los pesos y dimensiones del departamento de viabilidad del MTI ya que no existe un valor para cada dimensión.

Tabla N° 14 ESAL´S de Diseño

**CALCULO DE EJES EQUIVALENTES POR CARRIL DE DISEÑO**

<b>TIPO DE VEHICULO</b>	<b>PESO POR EJE KIPS</b>	<b>TIPO DE EJE</b>	<b>TD</b>	<b>FACTOR ESAL</b>	<b>ESAL DE DISEÑO</b>
Automóviles	2.2	simple	543295.2	0.00038	206.45
	2.2	simple	543295.2	0.00038	206.45
Jeep	2.2	simple	184332.3	0.00038	70.05
	2.2	simple	184332.3	0.00038	70.05
Camioneta	2.2	simple	582102	0.00038	221.20
	4.4	simple	582102	0.0034	1979.15
Microbús	4.4	simple	48508.5	0.0034	164.93
	8.8	simple	48508.5	0.0502	2435.13
Minibús	8.8	simple	25871.2	0.0502	1298.73
	17.60	simple	25871.2	0.9206	23817.03
Bus	11	simple	142291.6	0.1265	17999.89
	22	simple	142291.6	2.35	334385.26
Camión de carga c2	11	simple	190800.1	0.1265	24136.21
	22	simple	190800.1	2.35	448380.24
Camión de carga c3	11	simple	6467.8	0.1265	818.18
	36.3	Doble	6467.8	1.4325	9265.12
<b>Total de ESAL de Diseño</b>					<b>865,454.05</b>

Fuente: Elaboración Propia

# **CAPITULO II**

## **ESTUDIO GEOTECNICO**

## **CAPITULO II: ESTUDIO GEOTECNICO**

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

Este estudio se desarrolló con la finalidad de establecer las características mecánicas de los suelos existentes para el Diseño de Estructura de Pavimento requerido en el tramo, donde fue necesario recopilar datos de campo o análisis de suelo ya realizados por empresas consultoras y proporcionados por la Alcaldía del CUA.

La metodología ejecutada comprendió básicamente de una investigación de campo a lo largo del tramo proyectado mediante sondeos manuales con la información obtenida así como resultados de los ensayos de laboratorio se han efectuado en un resumen de los sondeos del terreno natural.

Se realizaron sondeos manuales con una profundidad de 1.50 m distribuidos en la calle investigada.

Se realizó sondeo manual en el banco de materia el Arenal para determinar si el suelo es adecuado para su utilización en la base.

Además se tomó ensayos de laboratorios a las muestras provenientes de sondeos manuales del banco de material así como de la calle en estudio. Por medio de las pruebas de laboratorio podemos determinar el análisis de granulometría, límite líquido, límite plástico, densidad y CBR.

## **2.1 Especificaciones para materiales que forman la estructura de pavimento con adoquín.**

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

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

### **Sub – rasante.**

Se denomina sub-rasante al suelo que sirve como fundación para todo el sistema estructural de un pavimento.

### **Sub – Base.**

Es una capa, generalmente constituida por agregados pétreos convenientemente graduados y compactados, construida sobre la Sub-rasante, y sobre la cual puede construirse la base cuando sea necesaria.

### **Base.**

Cuando se habla de Base se refiere a la capa de pavimento donde se coloca la calzada o rodadura de la carretera, su principal función es transmitir y distribuir las cargas ocasionadas por el flujo vehicular a la capa de sub – base.

Las propiedades que debe cumplir la base son las siguientes:

Tabla N°15 Especificaciones de material de Base.

<b>ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL BASE</b>			
<b>N°</b>	<b>Propiedad</b>	<b>Especificación</b>	<b>Metodología</b>
1	Limite Líquido	25% Máx.	ASSTHO T-89
2	Índice Plástico	15% Máx.	ASSTHO T-90
3	CBR	60 % Min.	ASSTHO T-193
4	Desgaste de Los Ángeles	50% Máx.	ASSTHO T-96
5	Intemperismo Acelerado	12% Máx.	ASSTHO T-104
6	Compactación	95 % Min. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio del ensaye próctor modificado	ASSTHO T-191

Fuente: Especificaciones NIC 2000.

## 2.2 Sondeos manuales de Línea en estudio.

Según datos proporcionados por la empresa IMS (Ingeniería de materiales y suelos) en el tramo en estudio se realizaron 6 sondeos manuales con una profundidad de 1.50 mts distribuidos uniformemente a lo largo de la calle investigada.

Las muestras obtenidas fueron sometidas a pruebas de laboratorio con el fin de obtener datos necesarios para el diseño, los resultados obtenidos son de prueba de CBR saturado y análisis granulométrico.

Los tipos de ensaye realizados fueron los siguientes:

Tabla N° 16 Tipos de ensaye.

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

Fuente Ingeniería de materiales y suelo

### **2.3 Clasificación de las muestras**

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

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

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

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

Los resultados brindados por la alcaldía del CUA son los siguientes:

Tabla N° 17 Pruebas de Suelo Realizado en línea de estudio.

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación	Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (cm)	GRANULOMETRIA											Limite %		Clasificación H.R.B	C.B.R a Compactación		
				3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP	90		95	100	
0+020	1	1	0-100		100	85	76	62	43	31	18	9	6	22	2	A-1-a (0)	37	40	43	
		2	100-150			100	91	86	78	67	54	22	12	-	NP	A-1-b(0)	24	26	33	
0+100	2	1	0-22	100	77	56	52	41	28	17	10	7	4	30	6	A-1-a(0)	37	40	43	
		2	22-37					100	68	37	30	20	12	44	9	A-2-5 (0)	17	19	25	
		3	37-97	100	65	58	55	52	47	39	37	28	19	34	11	A-2-6(0)	13	15	19	
		4	97-127	100	82	73	72	65	53	33	29	22	15	38	12	A-2-6(0)	13	15	19	
0+200	3	1	0-30	100	77	56	52	41	28	17	10	7	4	30	6	A-1-a (0)	37	40	43	
		2	30-40		100	85	76	62	43	31	18	9	6	22	2	A-1-a (0)	37	40	43	
		3	40-146					100	68	37	30	20	12	44	9	A-2-5 (0)	17	19	25	
0+300	4	1	0-26	100	77	56	52	41	28	17	10	7	4	30	6	A-1-a(0)	37	40	43	
		2	26-40		100	85	76	62	43	31	18	9	6	22	2	A-1-a(0)	37	40	43	
		3	40-90					100	68	37	30	20	12	44	9	A-2-5(0)	17	19	25	
		4	90-120							100	97	87	65	49	21	A-7-6(12)	3	6	9	
0+400	5	1	0-30	100	77	56	52	41	28	17	10	7	4	30	6	A-1-a (0)	37	40	43	
		2	30-47					10	68	37	30	20	12	44	9	A-2-5(0)	17	19	25	
		3	47-140							100	97	87	65	49	21	A-7-6(12)	3	6	9	
0+500	6	1	0-90	100	77	56	52	41	28	17	10	7	4	30	6	A-1-a(0)	37	40	43	
		2	90-150					100	68	37	30	20	12	44	9	A-2-5 (0)	17	19	25	

Fuente: Ingeniería de materiales y suelo

De acuerdo a los resultados de laboratorio se puede determinar que los suelos predominantes en las capas superficiales de la calle en estudio son gravas limosas que clasifican como A-1-a (0) ,además encontramos suelos tipo A-2-5 (0) y A-2-6(0) en ese mismo tramo de carretera en estudio.

Luego analizando los estudios de laboratorio desde la estación 0+300 a 0+500 se puede observar en el ensaye que en la parte inferior también se encuentra grava limosa tipo A-2-5-(0), además en algunos sectores encontramos suelos arcillosos tipo A-7-6(12) así como estratos de suelo A-1-a (0).

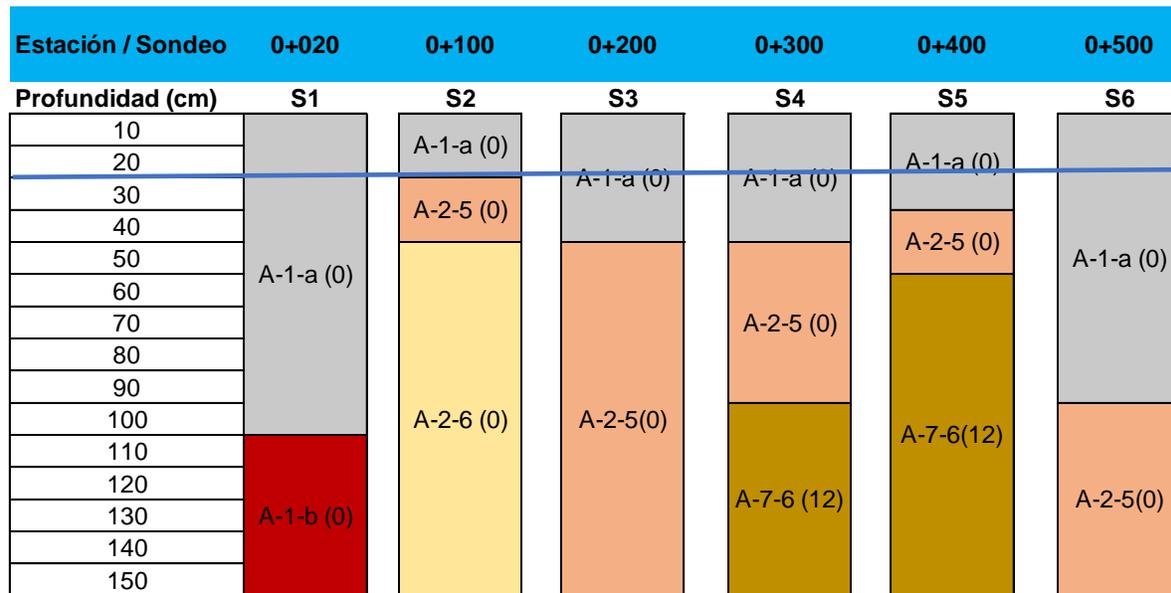
Tabla N° 18 Clasificación de H.B.R

Tipo de Prueba Empleada	Proctor Estándar
Peso Volum.seco máximo	1799 kg/m3
Humedad Optima	8.60%

Fuente. Ingeniería de materiales y suelo

Se realizó el grafico estratito gráfico del suelo para definir la línea de sub rasante como se puede observar a continuación.

Grafico N° 2.Estratigrafía del suelo



Fuente: Elaboración Propia

Realizando el análisis de la estratigrafía del suelo se puede observar los diferentes tipos de suelos encontrados en el tramo en estudio donde se define la línea de sub rasante a 0.20 m de profundidad, por lo consiguiente de la estación 0+000 a 0+100 realizando el corte el suelo que tenemos por bajo de la sub rasante será A-1-a (0), A-2-5(0) y A-2-6(0).

En la estación 0+200 quedara un suelo tipo A-1-a (0) siendo una capa de 0.20m y luego más abajo tenemos un suelo tipo A-2-5 (0) que se extiende 1.20m de profundidad. Luego en la estación 0+300 nos queda una capa de 0.20 m de suelo tipo A-1-a (0) luego de realizar el corte y después de 0.40m encontramos un suelo grava limosa tipo A-2-5 (0).

En la estación 0+400 después de realizar el corte tendremos como base una delgada capa de suelo A-2-5 (0) y en la parte inferior un suelo que se clasifica como A-7-6 (12) que se extiende 1m de profundidad.

Analizando la estación 0+500 se determina que por debajo de la línea de sub rasante nos queda un suelo tipo A-1-a (0) que se extiende 0.80m de profundidad.

## 2.4 Sondeo en banco de material

### Banco el Arenal

Al igual se realizó sondeo al banco de material el Arenal para determinar las características del suelo y si es posible utilizar de su material para el mejoramiento de la base y la sub- base.

Material tomado del corte

Tabla N°19 Prueba de CBR Saturada banco de material el Arenal

Muestra N°	GRANULOMETRIA										Limite %		Clasificación H.R.B	C.B.R a Compactación		
	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP		90	95	100
1	10	91	78	65	55	29	16	12	9	6	43	14	A-2-7(0)	13	16	19

Fuente : Ingenieria de materiales y suelos

La fuente de banco de material estudiada no puede suplir material de sub-base o base debido a que posee altos valores de límites líquido e índice de plasticidad. Por lo tanto es un material suave donde se tendrá que hacer un mejoramiento con cemento si se desea tomar de ese material para utilizarlo en el proyecto.

## 2.5 CBR de Diseño

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

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

En la tabla N°20 que se muestra a continuación se encuentran los criterios del instituto de asfalto donde se realiza la selección de resistencia según el número de ejes equivalentes del carril de Diseño.

Tabla N°20 Criterios para la selección de resistencia para encontrar percentil.

<b>Limites para la Selección de Resistencia</b>	
Numero de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de Diseño	Percentil a seleccionar para encontrar la resistencia
Menores a 10,000	60
<b>Entre 10,000 a 1,000,000</b>	<b>75</b>
Mayores a 1,000,000	87.5

Fuente: Especificaciones NIC 2000

En la elaboración del estudio de tráfico, se obtiene que el tránsito para el carril de diseño calculado equivale a 865,454.05 siendo evidente que el rango a utilizar es de 10,000 a 1, 000,000 y por ende el percentil con el cual se trabajara es el de 75%.

El cálculo del valor de CBR de Diseño se describe a continuación para la sub rasante.

Tabla N° 21 Valores y porcentajes de CBR de la sub Rasante.

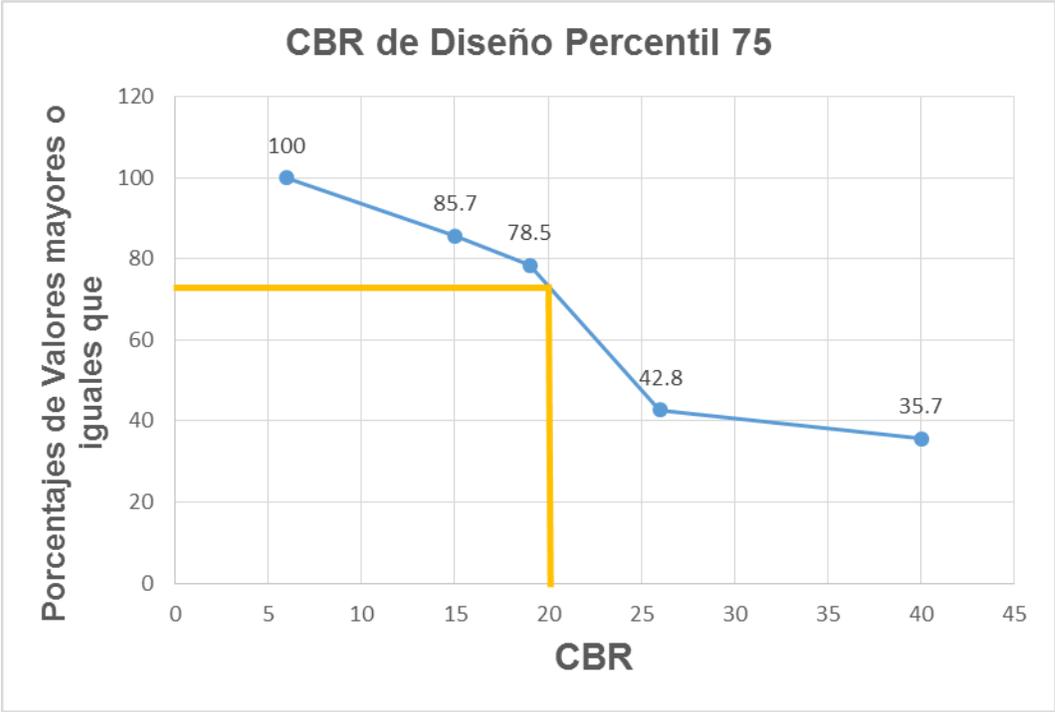
Tipo de Suelo	CBR (95%)	Frecuencia	CBR iguales o mayores.	Porcentaje
A-7-6 (12)	6	2	14	100
A-2-6 (0)	15	1	12	85.7
A-2-5 (0)	19	5	11	78.5
A-1-b (0)	26	1	6	42.8
A-1-a (0)	40	5	5	35.7
		14		

Fuente: Elaboración Propia

Cabe señalar que el CBR se calculó apoyado en las tablas de correlación entre el tipo de material, CBR y K así mismo se tomó en cuenta la clasificación de suelos relacionada con parámetros de resistencia encontradas en el manual de diseño AASHTO 93 ver tabla N°38 y N°39 en anexos, por lo tanto son valores aproximados, ya que el estudio que me brindaron no cuenta con todos los valores de CBR.

Posteriormente con los datos obtenidos y porcentajes de CBR se realizó el gráfico que se muestra a continuación con el cual se encuentra el CBR de diseño para la sub rasante donde se realiza una intersección de línea y luego se baja para determinar el valor resultante.

Grafica 3 Calculo de CBR de Diseño



Fuente: Elaboración Propia

Aplicando el método del instituto del Asfalto, se ha elegido un CBR de Diseño para la sub rasante de 20%, siendo este un valor representativo de los valores encontrados en los sondeos manuales.

**CAPITULO III**  
**DISEÑO DE**  
**ESTRUCTURA DE**  
**PAVIMENTO DE**  
**ADOQUIN**

### **3.1 Método AASHTO 93 para el diseño y evaluación de pavimentos.**

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

Incorporación de un factor de confiabilidad.

Sustitución del Valor Soporte del Suelo ( $S_i$ ), por el Módulo Resiliente.

Empleo de los módulos Resilientes para la determinación de los coeficientes estructurales.

Establecimiento de guías para la construcción de sistemas de sub-drenajes.

Sustitución del “Factor Regional” valor indudablemente bastante subjetivo por un enfoque más racional que toma en consideración los efectos de las características ambientales.

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

### **3.2 Criterios del método AASHTO 93 para cálculo de espesores**

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

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

### **3.2.1 Factores Equivalente de Carga ( $F_e$ ).**

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

Existen para el pavimento flexible diferentes factores equivalentes ( $F_e$ ) para distintos tipos de cargas por eje, y distintos índices de Serviciabilidad, para este caso se asumió un índice de serviciabilidad final de  $P_t = 2.0$  ya que el tramo en estudio es de tránsito menor porque no posee gran carga vehicular y es una carretera secundaria.

### **3.2.2 Ejes Equivalentes (ESAL o W18).**

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

$$\text{ESAL o W18} = \text{TD} * \text{FESAL}$$

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

En base a los datos anteriormente definidos en la tabla N°22 se procedió a la determinación de los Ejes equivalente (ESAL) para cada eje y tipo de vehículos, teniendo un ESAL o W18 = 865,454.05

### **3.2.3 Confiabilidad.**

Es el grado de confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.

Tabla N° 22 Porcentaje de confiabilidad.

<b>CLASIFICACION FUNCIONAL</b>	<b>NIVEL RECOMENDADO POR AASTHO PARA CARRETERAS</b>
Carretera interestatal o autopista	80-99.9
Red Principal o Federal	75-95
Red Secundaria o estatal	75-95
Red Rural	50-80

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos AASTHO 1993.

Para este diseño se utilizara una confiabilidad de 80 ya que nuestra carretera está clasificada como Red Rural según el grado de confianza determinado por la AASTHO para pavimentos flexibles.

### 3.2.4 Desviación Estándar (So).

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

En la siguiente tabla presentada por la AASTHO se describe la desviación estándar según las condiciones del pavimento además se toma en cuenta si es pavimento rígido o flexible.

Tabla N°23 Desviación Estándar (So).

<b>CONDICION</b>	<b>PAVIMENTOS RIGIDOS</b>	<b>PAVIMENTOS FLEXIBLES</b>
En construcción Nueva	0.35	0.45
En Sobre capas	0.39	0.49

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos AASTHO.

Para este diseño se utiliza un valor de desviación estándar de  $S_o = 0.45$  ya que es una construcción nueva, además es un pavimento flexible.

### 3.3.5 Serviciabilidad.

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

### **3.2.6 Índice de Serviciabilidad Inicial ( $P_o$ ).**

Se define en función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción. Se recomienda una  $P_o=4.2$ , para pavimento flexible, y una  $P_o=4.5$  para pavimentos rígidos, según el Manual Diseño de Pavimentos AASTHO-93.

Para el Diseño se toma una serviciabilidad inicial de 4.2 ya que es pavimento flexible apoyado en las normas AASTHO 93.

### **3.2.7 Índice de Serviciabilidad Final ( $P_t$ ).**

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía.

Para caminos de menor tránsito se estableció un **Pt de 2.0** según el Manual Diseño de Pavimentos AASTHO-93, el cual se utiliza en este diseño ya que es una carretera donde el tránsito es bajo.

### **3.2.8 Pérdida de Serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ):**

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

En este diseño se trabajó con un valor de:  $\Delta PSI = 4.2 - 2.0$   $\Delta PSI = 2.2$

Se utiliza el valor de 2.2 como la diferencia de la serviciabilidad inicial y final donde realizando la operación de resta se obtuvo ese valor.

### **3.2.9 Módulo Resiliente.**

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

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

Tabla N° 24 Ecuaciones para encontrar el módulo resiliente.

VALOR DE CBR	CONSIDERACION
CBR<10%	Mr=1500*CBR
10%<CBR<20%	Mr=3000*CBR <sup>0.65</sup>
CBR>20%	Mr=4326*Ln(CBR)+241

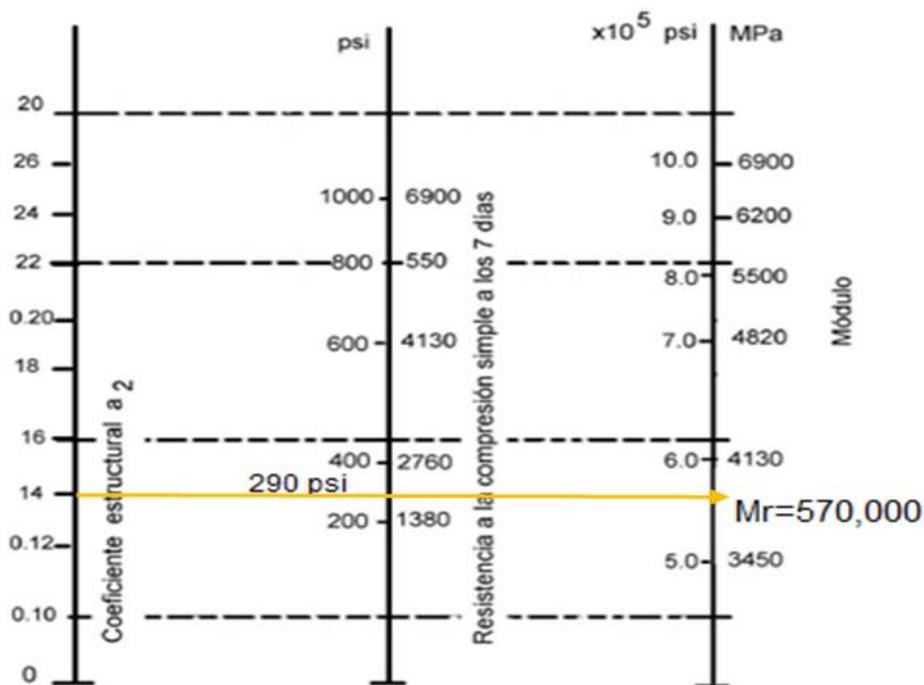
Fuente: Ingeniería de Pavimentos Alfonso Montejo Fonseca.

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la sub rasante de 20%, donde se utiliza el tercer criterio para calcular el módulo resiliente de la sub rasante, por tanto.

$$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$$

Luego del cálculo se obtiene un módulo resiliente de la sub rasante de Mr= 13,200.5 psi. Como la base es mejorada con cemento, para obtener el módulo resiliente, se utilizó el nomograma propuesto por la AASTHO, en el que se establece una relación entre la resistencia a la compresión del material de la base después de 7 días, el coeficiente estructural y el módulo resiliente. En este caso se está haciendo el análisis proponiendo una resistencia a la compresión de 290 psi, obteniendo como resultado un **Mr=570,000 psi.**

Grafica N°4 Nomograma para calcular Mr de base mejorada con cemento.



Fuente: Manual de Diseño de pavimentos AASHTO 1993.

### 3.3 Coeficiente de Capas ( $a_i$ )

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

Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento.

### 3.4 Carpeta de rodamiento: ( $a_1$ )

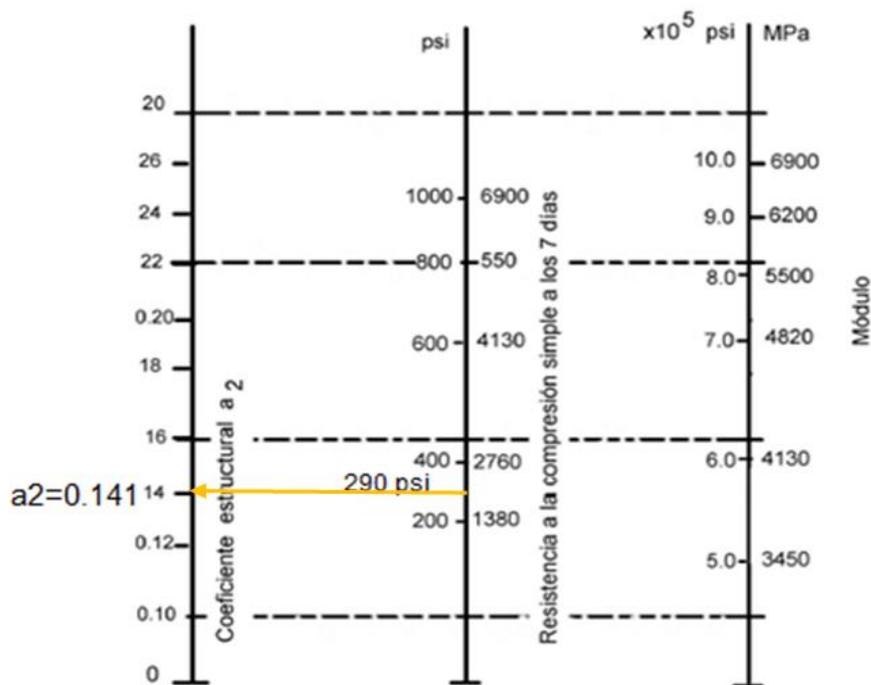
Debido a que no se cuenta con nomogramas para el cálculo de coeficiente estructural de la carpeta de rodadura se procede a realizar la estimación de  $a_1$  de la siguiente manera:

En este caso el valor del coeficiente estructural para la capa de rodamiento (adoquín) se obtiene de la investigación desarrollada por la “Cement & Concret Association del Reino Unido por Allan Liley y John Knapton”, asumiendo que una carpeta de rodamiento compuesta por adoquines se comporta mejor estructuralmente que el pavimento asfáltico y poco menos que el pavimento rígido ante las cargas que se ejercen sobre ella. De este principio a la capa de rodadura se le asignan valores de coeficiente AASHTO entre 0.42 y 0.45. De donde por consideraciones de diseño el valor de  $a_1=0.45$ .

### 3.5 Base Tratada con Cemento: ( $a_2$ )

El valor del coeficiente estructural de capa de base tratada con cemento ( $a_2$ ) se determina con el uso del nomograma de la guía AASTHO. Tomando como parámetro de entrada el valor del esfuerzo a la compresión del suelo estabilizado de 290 PSI, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical izquierda con el valor de  $a_2 = 0.141$

Grafica N°5 Nomograma propuesto por la AASTHO para calcular  $a_2$ .

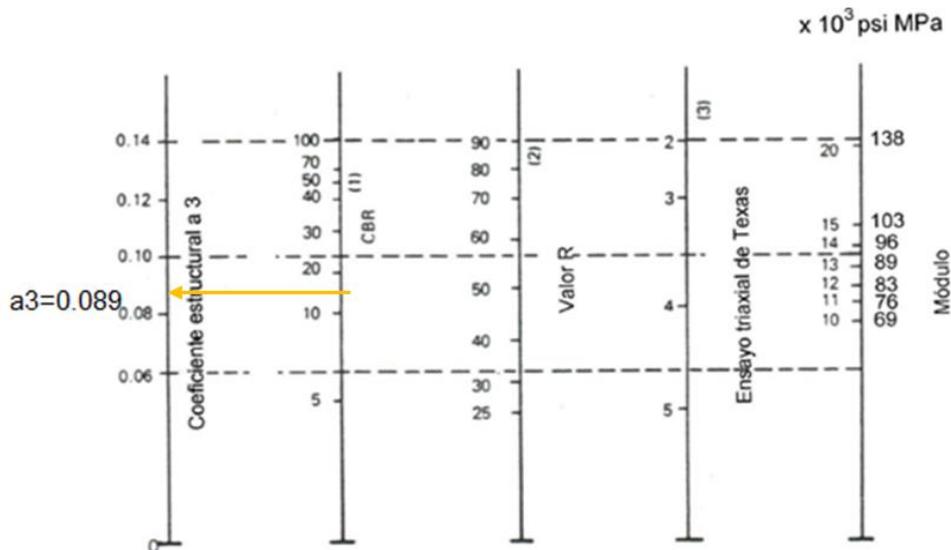


Fuente: Manual de Diseño de pavimentos AASTHO

### 3.6 Sub Base ( $a_3$ )

El valor del coeficiente estructural  $a_3$  se determina con el nomograma propuesto por la guía AASTHO, tomando como parámetro de entrada el CBR del banco de material a utilizarse, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical izquierda donde se obtiene el valor  $a_3= 0.089$

Grafica N°6 Nomograma para calcular  $a_3$ .



Fuente: Manual de Diseño de pavimentos AASHTO

### 3.6 Drenaje

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

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

Tabla N°25 Valores de drenaje según el porcentaje de tiempo expuesto a humedad.

Calidad de Drenaje	Porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximo a la saturación			
	< 1%	1-5%	5-25%	> 25%
Excelente	1.40 a 1.35	1.35 a 1.30	1.30 a 1.20	1.2
Bueno	1.35 a 1.25	1.25 a 1.15	1.15 a 1	1
Regular	1.25 a 1.15	1.15 a 1.05	1.00 a 0.80	0.8
Pobre	1.15 a 1.05	1.05 a 0.80	0.80 a 0.60	0.6
Muy Pobre	1.05 a 0.95	0.95 a 0.75	0.75 a 0.40	0.4

Fuente: Manual de Diseño de pavimentos AASHTO 1993.

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

En la región norte la estación lluviosa se prolonga con respecto al resto del país por tanto es muy probable que la estructura de pavimento una vez construida permanezca en condiciones muy cercanas a la saturación durante largos periodos de tiempo.

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

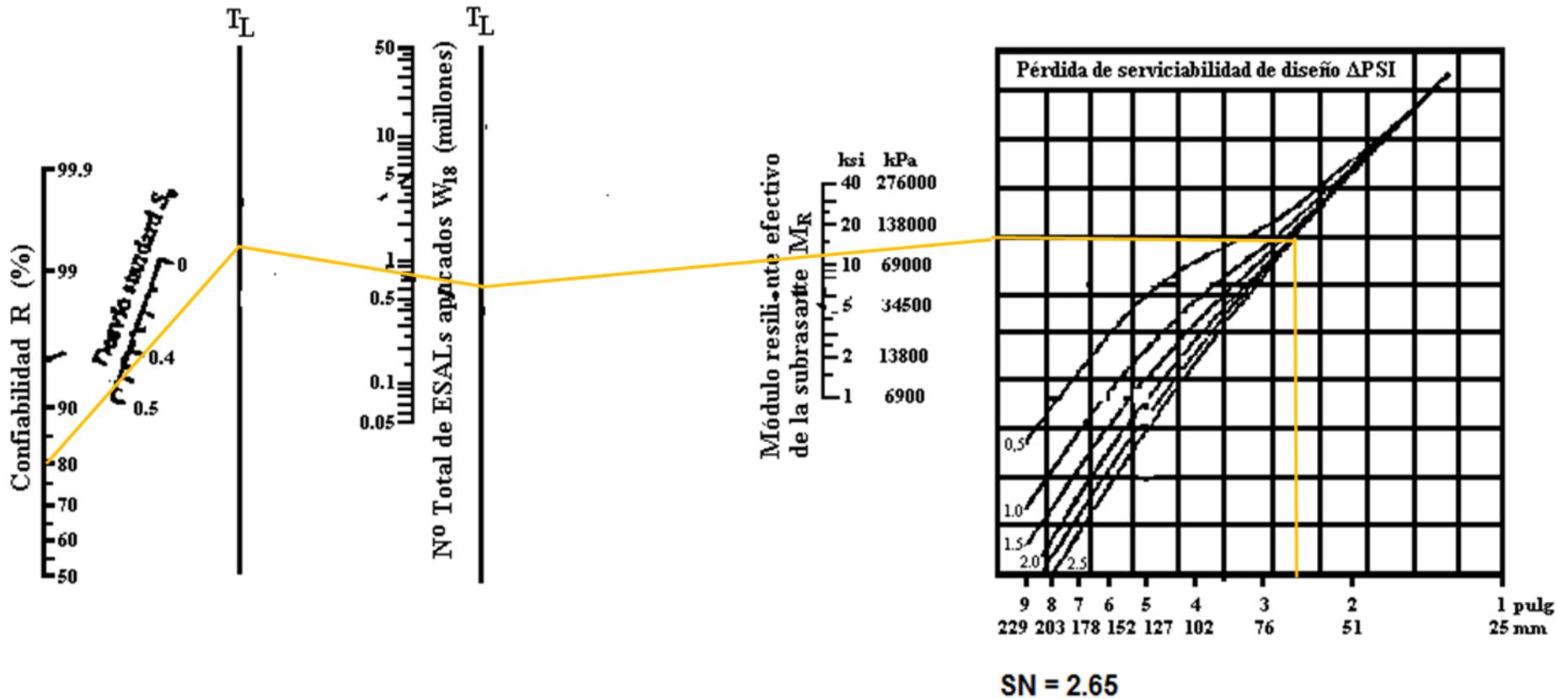
De igual forma se debe tomar en cuenta la calidad del drenaje de la carretera, el cual se considera bueno debido a las pendientes moderadas que presenta el terreno por lo que el valor del coeficiente de drenaje será 1 como se describe en la tabla N° 25.

### 3.7 Números estructurales (SN).

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

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

En la figura N° 6 se puede apreciar el ábaco de diseño para diseño de pavimentos flexibles donde se calcula el SN.



Fuente: Manual de Diseño de pavimentos AASHTO

Haciendo uso del ábaco de diseño se realizó el cálculo de SN = 2.65 con el cual se trabajó

Con la fig. N° 6 se obtiene un valor llamado numero estructural SN (structural number) y en función del mismo, se determinan los distintos espesores de capas que forman el paquete estructural.

Las variables de entrada en este ábaco de diseño son:

- Tránsito estimado por carril, W18, a lo largo de la vida útil del pavimento
- Confiabilidad R
- Desvío estándar de todas las variables So
- Módulo resiliente efectivo (que tenga en cuenta las variaciones a lo largo del año) de la subrasante MR
- Pérdida de serviciabilidad PSI

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

$$SN = (a_1 * D_1) + (a_2 * m_2 * D_2) + (a_3 * m_3 * D_3) = + +$$

Dónde:

$a_1, a_2, a_3$  son los coeficientes estructurales o de capa, adimensionales.

$m_2, m_3$  son los coeficientes de drenaje.

$D_1, D_2, D_3$  son los espesores de capas, en pulgadas o mm, en este sentido, el número estructural llevará las unidades de los espesores de las diferentes capas del pavimento.

### 3.8 Cálculo de espesores

Habiendo obtenido el SN requerido aplicando la formula

$SN_{req} = (a_1 * D_1) + (a_2 * m_2 * D_2) + (a_3 * m_3 * D_3)$  Se procede al cálculo de los espesores de la base y sub-base.

Dónde:

SN: Numero Estructural requerido = 2.65

$a_1$ : Coeficiente estructural de la Capa de Rodamiento (adoquín) = 0.45

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

$a_2$ : Coeficiente estructural de la Capa Base = 0.141

$m_2$ : Coeficiente de Drenaje para la base = 1

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

$a_3$ : Coeficiente estructural de la Capa Sub-Base = 0.089

$m_3$ : Coeficiente de Drenaje para la sub base = 1

$D_3$ : Espesor de la Capa Sub-Base = ¿?

Se despeja  $D_2$  de la ecuación  $SN_{req} = (a_1 * D_1 * m_1) + (a_2 * m_2 * D_2)$  sabiendo que el espesor del adoquín es 10 cm:

$$D_2 = \frac{SN - (a_1 D_1)}{a_2 m_2}$$

Entonces:

$$D_2 = \frac{2.65 - (0.45 * 4)}{0.14 * 1} = \frac{(2.65 - 1.80)}{0.141} = 6.028 \text{ pulg}$$

$D_2 = 7.00$  Pulgadas de capa base.

$$\begin{aligned} SN_{\text{corregido}} &= (a_1 * D_1) + (a_2 * m_2 * D_2) = (0.45 * 4) + (0.141 * 1 * 7) \\ &= 1.8 + 0.987 \end{aligned}$$

$SN_{\text{corregido}} = 2.787 > 2.65$  ok

$$D_3 = SN - \frac{(a_1 D_1) - (a_2 * D_2 * m_2)}{a_3 m_3}$$

$$D_3 = 2.65 - \frac{(0.45 * 4) - (0.141 * 7 * 1)}{0.089 * 1} = -6.48$$

No se recomienda sub-Base ya que los esfuerzos son absorbidos por la base como se muestra en el cálculo, el valor da negativo.

En resumen se han obtenido los siguientes espesores:

Tabla N° 26 Espesores de estructura de Pavimentos obtenido en el diseño

CAPA	ESPESORES	
	Pulgadas	Centímetros
Carpeta de Rodamiento Adoquín	4	10
Arena	2	5
Base	7	17
Sub-Base	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 27 Espesores mínimos sugeridos por capa.

NUMERO DE ESAL'S	CONCRETO ASFALTICO (cm)	BASE GRANULAR (cm)
Menos de 50,000	2.50	10.00
50,000 a 150,000	5.00	10.00
150,000 a 500,000	6.50	10.00
500,000 a 2,000,000	7.50	15.00
2,000,000 a 7,000,000	9.00	15.00
Menos de 7,000,000	10.00	15.00

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993.

**CAPITULO IV**

**EVALUACION DE**

**IMPACTO AMBIENTAL**

#### **4.1 Estudio de impacto Ambiental**

El efecto que tienen las actividades humanas sobre el medio ambiente causan un impacto ambiental de los diferentes ecosistemas y sus estructuras. El impacto ambiental generado por un proyecto se mide en alteraciones ambientales que pueden crear las diferentes acciones de la obra cuando se está en ejecución, tomando en cuenta las diferentes etapas del proyecto.

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

##### **Actividades del proyecto que fueron evaluadas**

- ❖ Movilización y desmovilización
- ❖ Movimiento de Tierra
- ❖ Explotación de bancos de materiales
- ❖ Obras de drenaje
- ❖ Estabilización De suelos
- ❖ Pavimento de adoquines
- ❖ Señalización Horizontal y vertical

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

Tabla N° 28 Matriz de Impactos causa-efectos positivos y negativos por etapas.

Matriz de Impacto									
Factores del Medio			Etapas						
			Movilizacion y desmovilizacion	Mov.de Tierra	Explotacion B.M	Obras de drenaje	Estab. De suelos	Adoquines	Señalizacion Horizontal y vertical
			ETAPA1	ETAPA2	ETAPA3	ETAPA4	ETAPA5	ETAPA6	ETAPA7
AIRE	Ruido	F1	x	X	X		x		
	Vibraciones	F2	x	X	x			X	
	Contaminación del aire	F3	x	X	X		x		
Suelo	Erosión	F4			X	X			
	Contaminación del suelo	F5					x		
Agua	Escorrentia y Drenaje	F6				X		X	
	Cuerpo de Agua Superficial	F7				X			
Salud	Salud de los Pobladores	F8		X		X	x		
	Bienestar Social	F9				X	x	X	
Medio Perceptual	Cubierta Vegetal	F10		X	X				
	Paisaje	F11		X		X		X	
Medio Socio-Económico	Vías de Acceso	F12				X	x	X	x
	Empleos Temporales	F13		x	x	X	X	X	x
	Produccion industrial y agricola	F14					x	X	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2 Matriz de valoración de impactos positivos y negativos.

Los impactos positivos y negativos toman valor según las etapas del proyecto donde hay etapas que causan impactos negativos pero al igual en diferentes fases tenemos valoraciones positivas.

Tales impactos son medidos según las etapas los parámetros que se tomaron en cuenta naturaleza, intensidad, sinergia, acumulación efectos entre otros donde al final de la tabla se realiza una sumatoria de importancia.

Tabla N° 29 Matriz de valoración de impactos positivos y negativos

IMPACTOS	ETAPAS:												
	NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULACION	EFECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA	VALOR MAXIMO DE IMPORTANCIA
	SIGNO	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	SUMA	
Etapa1F1	-1	2	2	4	2	2	2	1	2	1	1	-25	100
Etapa1F2	-1	2	2	4	1	2	1	2	4	1	1	-26	100
Etapa1F3	-1	2	4	2	2	2	2	1	3	2	1	-29	100
Etapa2F1	-1	2	2	2	1	1	1	3	3	1	1	-23	100
Etapa2F2	-1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	-17	100
Etapa2F3	-1	2	2	2	2	1	1	3	3	1	1	-24	100
Etapa2F8	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa2F10	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa2F11	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa2F13	1	4	2	2	2	1	2	1	2	1	1	28	100
Etapa3F1	-1	2	1	2	1	1	1	1	3	1	1	-19	100
Etapa3F2	-1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	-16	100
Etapa3F3	-1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-16	100
Etapa3F4	-1	2	1	1	1	1	1	1	4	1	1	-19	100
Etapa3F10	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa3F13	1	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	28	100
Etapa4F4	-1	2	2	2	1	1	1	1	3	1	1	-21	100
Etapa4F6	-1	2	2	2	1	2	1	1	3	2	1	-23	100
Etapa4F7	1	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	21	100
Etapa4F8	1	2	2	4	2	2	1	1	3	2	2	27	100
Etapa4F9	1	4	4	2	1	2	2	2	2	2	2	35	100
Etapa4F11	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	24	100
Etapa4F12	1	2	1	2	2	2	2	1	2	1	1	21	100
Etapa4F13	1	2	4	2	2	2	2	1	2	2	2	29	100
Etapa5F1	-1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	-17	100
Etapa5F3	-1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	-19	100
Etapa5F5	-1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-16	100
Etapa5F8	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa5F9	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	22	100
Etapa5F12	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	1	23	100
Etapa5F13	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	1	23	100
Etapa5F14	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	20	100
Etapa6F2	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa6F6	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	100
Etapa6F9	1	4	4	2	2	2	1	2	2	1	2	34	100
Etapa6F11	1	2	4	2	1	2	2	2	3	1	1	28	100
Etapa6F12	1	2	2	2	1	1	1	1	4	1	1	22	100
Etapa6F13	1	2	4	2	1	2	1	1	3	1	1	26	100
Etapa6F14	1	2	4	2	2	1	2	1	2	1	1	26	100
Etapa7F12	1	2	4	2	2	2	2	1	3	1	1	28	100
Etapa7F13	1	2	4	2	2	2	2	1	4	1	1	29	100

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se puede observar los factores que alteran al medio y su valor de alteración así como el grado de alteración que causan al medio ambiente.

Tabla N° 30 Se muestra la matriz de impactos que afectan al medio

Matriz de Impacto												
Factores del Medio			Etapas							Valor de alteración	Maximo valor de alteración	Grado de la alteración
			Movilizacion y desmovilizacion	Mov.de Tierra	Explotacion B.M	Obras de drenaje	Estab. De suelos	adoquines	Señalización Horizontal y vertical			
			ETAPA1	ETAPA2	ETAPA3	ETAPA4	ETAPA5	ETAPA6	ETAPA7			
AIRE	Ruido	F1	-25	-23	-19	0	-17	0	0	-84	700	-12
	Vibraciones	F2	-26	-17	-16	0	0	-13	0	-72	700	-10.29
	Contaminación del aire	F3	-29	-24	-16	0	-19	0	0	-88	700	-12.57
Suelo	Erosión	F4	0	0	-19	-21	0	0	0	-40	700	-5.71
	Contaminación del suelo	F5	0	0	0	0	-16	0	0	-16	700	-2.29
Agua	Escorrentía y Drenaje	F6	0	0	0	-23	0	-13	0	-36	700	-5.14
	Cuerpo de Agua Superficial	F7	0	0	0	21	0	0	0	21	700	3
	Salud de los Pobladores	F8	0	-13	0	27	-13	0	0	1	700	0.14
	Bienestar Social	F9	0	0	0	35	22	34	0	91	700	13
Medio Perceptual	Cubierta Vegetal	F10	0	-13	-13	0	0	0	0	-26	700	-3.71
	Paisaje	F11	0	-13	0	24	0	28	0	39	700	5.57
Medio Socio-Económico	Vías de Acceso	F12	0	0	0	21	23	22	28	94	700	13.43
	Empleos Temporales	F13	0	28	28	29	23	26	29	163	700	23.29
	Produccion industrial y agricola	F14	0	0	0	0	20	26	0	46	700	6.57
PROMEDIO			-5.714285714	-5.36	-3.93	8.07	1.64	7.86	4.07			
DESVIACION ESTANDAR			11.38	13.25	12.31	18.21	15.14	15.81	10.35	93		
VALOR DE LA ALTERACION			-80	-75	-55	113	23	110	57	93	9800	
MAXIMA ALTERACION			1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400		9800	1
GRADO DE ALTERACION			-5.714285714	-5.3571429	-3.92857143	8.07142857	1.64285714	7.857142857	4.071428571			1

Fuente: Elaboración propia.

### **4.3 Interpretación de la matriz de importancia impactos positivos y negativos.**

En la tabla se puede observar los factores del medio que afectan las etapas que contiene el proyecto

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

A través de esta matriz se lograron definir las actividades que generan daños al medio ambiente durante la etapa de funcionamiento y las mayores afectaciones a sus componentes.

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

### **4.4 Impactos positivos**

Los impactos positivos más relevantes se expresan los factores, producción industrial agrícola, empleos temporales y vías de acceso. Ya que estos causan impactos positivos en la zona y no hay afectaciones negativas porque se viene a mejorar la calidad de vida de la población.

Tabla N° 31 Cuantificación de efectos por factores del medio.

<b><u>Cuantificación de Efectos por Factores del Medio</u></b>			
<b>Factores del Medio</b>	<b>Orden de Categorías</b>	<b>Valor de la Alteración</b>	<b>Áreas</b>
Ruido	1	-95	-83.5
Vibraciones	2	-72	-80
Contaminación del aire	3	-88	-64
Erosion	4	-40	-28
Contaminacion del suelo	5	-16	-26
Escorrentia y drenaje	6	-36	-7.5
Cuerpo de agua superficial	7	21	22
Salud de los pobladores	9	1	46
Bienestar social	10	91	32.5
Cubierta vegetal	11	-26	6.5
Paisaje	12	39	66.5
Vias de acceso	13	94	128.5
Empleos	14	163	104.5
Produccion Industrial y Agricola	15	46	
<b>Suma de Efectos Positivos</b>			<b>373</b>
<b>Suma de Efectos Negativos</b>			<b>-255.5</b>
<b>Suma de Efectos Totales</b>			<b>628.5</b>
<b>Porcentaje de efectos positivos</b>			<b>59%</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°32 que se muestra a continuación se realiza un resumen de los resultados esperados y que factor de ambiente se ve afectado con dicho efecto, además se trabajan las medidas de mitigación con las cuales se combaten tales efectos.

Tabla N°32 Efectos esperados y su medidas de mitigación

POSIBLES EFECTOS ESPERADOS	FACTOR DEL AMBIENTE AFECTADO	MEDIDAS DE MITIGACION
INCREMENTO DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS PRODUCTO DEL POLVO	AIRE	CONFORME A LA NIC.2000, HUMEDECER LA TIERRA ADECUADANTE, PARA EVITAR EN EXESO DE POLVO
PRODUCCION DE RUIDO OCASIONADO POR MAQUINARIAS O EQUIPOS DE CONSTRUCCION	RUIDO	MEJOR CONTROL Y REGULACION DE HORARIOS PARA EVITAR MOVIMIENTOS INNECESARIOS DE MAQUINARIAS
CALIDAD DE MATERIALES EN LOS BANCOS DE PRESTAMO	SUELO	SELECCIÓN DE CALIDAD DE MATERIAL DEACUERDO CON LA CLASIFICION SEGÚN ESTUDIOS DE LABORATORIOS
POSIBLES DAÑOS A LA VEGETACION POR EL MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS	CUBIERTA VEGETAL	EVITAR CORTES INNECESARIOS Y RESTRINGIR LA DESTRUCCION DE PLANTAR CON EL MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS
RIEZGO DE ACCIDENTE	PAISAJE	PROTECCION A LOS TRABAJADORES Y USUARIOS DE LA VIA CON SEÑALIZACION Y BUEN CONTROL DEL TRAFICO
	POBLACION	EVITAR CONTACTOS CON PROPIEDADES PUBLICAS O PRIVADAS EN CUALQUIER MOVIMIENTO Y REPARAR DAÑOS EN CASO QUE SE PRESENTEN
POSIBLES DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA PUBLICA OPRIVADA	MEDIO CONSTRUIDO	
DAÑO A LA VEGETACION	CUBIERTA VEGETAL	EVITAR CORTES INNECESARIOS
PRODUCCION DE POLVO	PAISAJE	SELECCIÓN DE BANCOS MATERIALES QUE AFECTE MENOS A LA POBLACION ALEDAÑA AL PROYECTO
	TIPO DE AIRE	
PRODUCCION DE RUIDO OCASIONADO POR MAQUINARIAS O EQUIPOS DE CONSTRUCCION	RUIDO	SELECCIÓN DE BANCOS MATERIALES QUE AFECTE MENOS A LA POBLACION ALEDAÑA AL PROYECTO
POSIBLE CONTAMINACION PRODUCIDOS POR DERRAMES DE GRASA O COMBUSTIBLE DE LAS	SUELO	SELECCIÓN DE SITIO PARA MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y RECOLECTAR DESECHOS DE GRASA Y COMBUSTIBLE , EL CUAL
RIESGOS DE DERRUMBES	GEOMORFOLOGIA	CONSTRUCCION DE TALUDES O DISIPADORES DE ENERGIA PARA EVITAR POSIBLES ARRASTRES DE LOS MATERIALES
	POBLACION	
ALTERACION DE LA GEOMORFOLOGIA DE LOS BANCOS DE PRESTAMO	GEOMORFOLOGIA	REALIZAR ACCIONES ESTRATEGICAS DE BANCO.
RUIDO	RUIDO	EVITAR MOVIMIENTOS INNECESARIOS DE MAQUINARIAS
PRODUCCION DE POLVO	TIPO DE AIRE	HUMEDECER LA TIERRA ADECUADAMENTE PARA HEVITAR EL EXCESO DE POLVO-
CAMBIO PAISAJITICO	PAISAJE	REALIZAR SIEMBRA DE ARBOLES PARA MEJORAR LA VEGETACION CON EL OBJETIVO DE EVITAR LA EROCCION CUANDO SE REALIZAN CORTE PRINCIPALMENTE EN BANCO DE MATERIALES.
INCREMENTO DE LOS FACTORES DE EMISION DE CONTAMINANTES PRODUCIDOS POR EL FLUJO VEHICULAR	TIPO DE AIRE	REGULAR EN CONJUNTO CON LA POLICIA NACIONAL LOS REQUISITOS PRINCIPALES PARA LA CIRCULACION DE LOS VEHICULOS COMO CHEQUEOS MECANICOS Y EMICION DE GASES PARA REGULAR LOS CONTAMINANTES.
	TIPO DE AIRE	
INCREMENTOS DE NIVELES DE RUIDOS PRODUCIDOS POR EL FLUJO VEHICULAR	RUIDO	REALIZAR CAMPAÑAS DE SENSIBILIZACION A LA POBLACION PARA QUE REGULE EL USO DE VOCINAS Y RUIDOS DEL VEHICULO.
AUMENTO DE RIEZGO DE ACCIDENTES DE TRANSITO	CALIDAD DE VIDA	SEÑALIZACION VERTICAL Y HORIZONTAL.
	POBLACION	

Fuente: Elaboración Propia

## V. CONCLUSIONES

- De acuerdo con el aforo que se realizó durante la semana del 19 al 25 enero del año 2015 se generó un TPDA total de 537 vehículos por día. El TPDA mostró una composición vehicular mayoritariamente de autos livianos que corresponde a un 78.79% del tránsito total que circula por esa vía, siendo a su vez el mayor porcentaje las camionetas con un 33.77% seguido de los vehículos pesados.
- A partir de los cálculos realizados se obtuvo un ESAL'S de diseño de 865,454.05 ejes equivalentes por carril de diseño, el cual fue utilizado para calcular los espesores de la capa de pavimento.
- A partir de los resultados de laboratorio se obtiene un CBR del 20% siendo este un valor representativo de los valores encontrados en las pruebas de suelo. De igual manera se realizaron pruebas al banco de material el Arenal sin embargo ese material que presenta no es adecuado para base granular, por lo que se deberá mejorar con cemento, de tal forma que la mezcla adquiera una resistencia a la compresión de 290 psi después de 7 días de curado.
- En el diseño de la estructura de pavimento de adoquín se utilizó el método AASTHO 93, se propuso un adoquín de 4" resultando el espesor de base mejorada con cemento de 7" y no se recomienda sub base ya que los esfuerzos de la carga vehicular son absorbidos por la base.
- Se evaluaron las actividades que generan mayores afectaciones a los componentes ambientales, donde se identificaron efectos con impactos negativos más relevantes en las etapas, movimiento de tierra, explotación de banco y efectos con impactos positivos más relevantes. Se generó un impacto positivo de 59% en la cuantificación de efectos por etapas.

## VI RECOMENDACIONES

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

- Realizar aforos de tráfico lo más exacto posible en periodos de tiempo no muy lejanos con el propósito de obtener un mejor análisis del comportamiento del tránsito.
- El adoquín a usarse, incluyendo las “cuchillas”, será el denominado TIPO 1, cuya resistencia a la compresión no deberá ser menor que  $247\text{kg/cm}^2$  que equivalen a 3513 psi según la norma técnica Nicaragüense NTON 12 009-10 para adoquines de concreto.
- La arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser arena lavada, dura, angular y uniforme. El espesor de esta capa no deberá ser menor de 3 cm ni mayor de 5 centímetros.
- Durante la construcción de la obra se recomienda que se respeten los espesores obtenidos según diseño, la calidad de los materiales utilizados deberán cumplir con las especificaciones técnicas al momento de diseñar garantizando así que la estructura cumpla su función de manera satisfactoria.
- Se deberá dar importancia y cumplimiento a las medidas de mitigación de impactos resumidas en la evaluación de impacto ambiental de este documento.

## VII Bibliografía

- Alfonso Montejo Fonseca, *Ingeniería de pavimentos para carretera* 2001.
- Ángel Huanca Borda, *Mecánica de suelos y cimentaciones*, 2010.
- Cabrera M. *La Evaluación del impacto ambiental*. Escuela de ingenieros de caminos y puertos .Revista de Obras Públicas, Madrid. España 1987.
- James Cárdenas Crisales, *Diseño geométrico de carreteras*, segunda edición.
- Jiménez J.A, De Justo J.L. *Geotecnia y Cimientos I y II* .2ª Edición. Editorial Rueda Madrid, España 2000.
- Juan Nicolás Moreno Bayona, *Manual para el diseño de carreteras*.
- Ministerio de Transporte e infraestructura (MTI). *Anuario de Aforos de tráfico*, Dirección General de viabilidad.2011
- Milán, *Estudio del Medio Ambiente* 2003.
- NIC 2000, *Especificaciones generales para construcción de caminos, calles y puentes*.
- Pedro Antonio Chocontá Rojas, *Diseño geométrico de vías*, tercera edición.
- Rafael Cal y Mayor Reyes Spinola, *Ingeniería de tránsito*, México 1966.
- Rico A., Del Castillo H. *La ingeniería de suelos en las vías terrestres*. Volumen 1. Limusa S.A. México. 1995.
- SIECA *Manual centroamericano para el diseño de carretera*.2001

# ANEXOS

## Macrolocalización



## Microlocalización

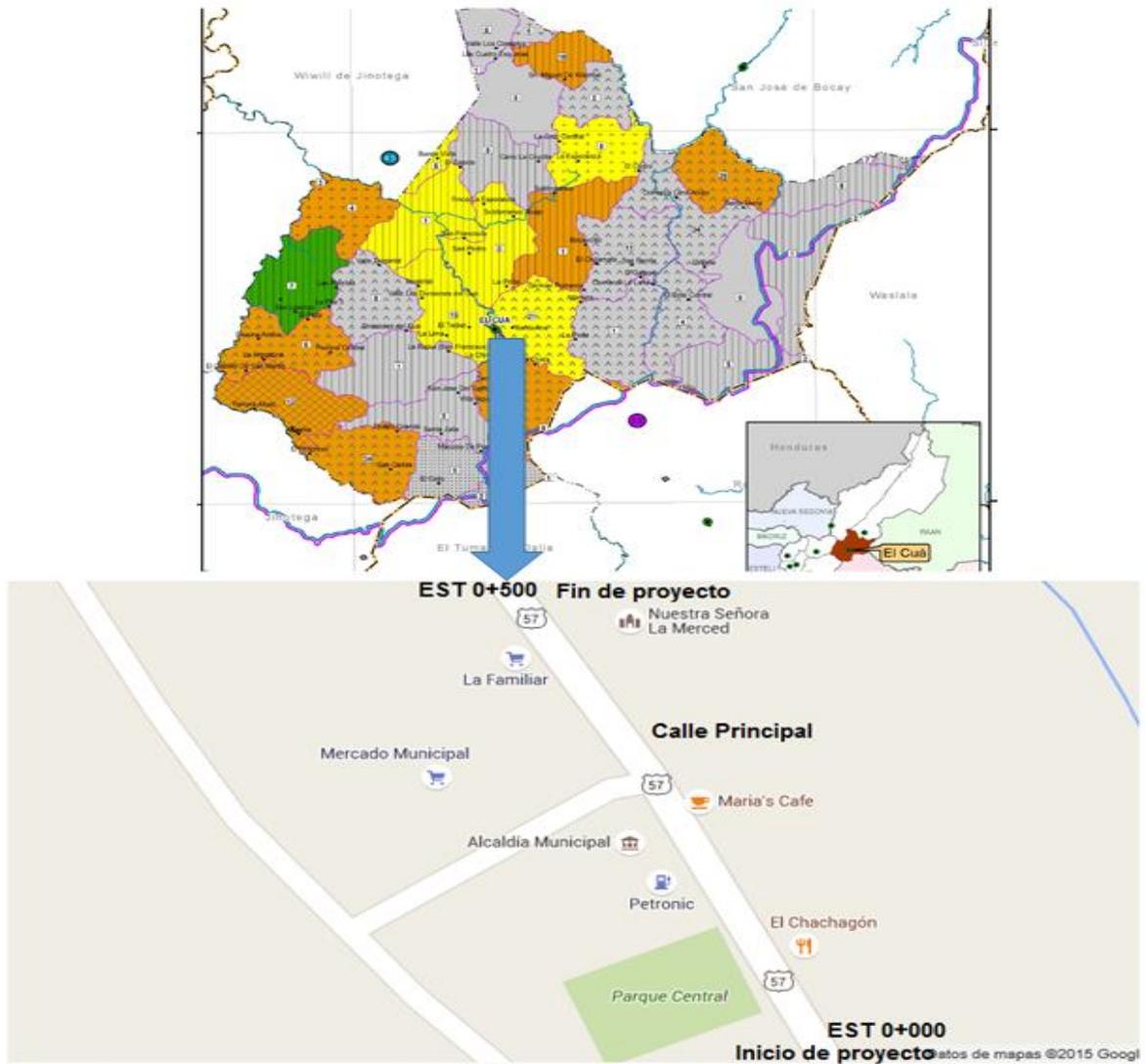


Tabla N° 33 Factores expansión de TPDA

Estación de Conteo Sumaria :5708

PAVONA CENTRAL-VALLE EL CUA

NIC-57

Camino :Nic-57		Estación: 5708 Tramo: Pavona Central -Valle El Cúa.										FEBRERO 2011		km :222				
Grupos	Motos	Vehiculos Pasajeros						Vehiculos de Carga						Equipo Pesado			Total	
		Autos	Jeep	Cam	Mc Bus< 15 s	Mn Bus 15-30s	Bus 30+s	Liv 2-5 ton	C2 5+t	C3	TX-SX < =4e	TX-SX > 5 e	Cx- RX <= 4 e	CX-RX > 5 e	V.A	V.C		OTROS
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19		21
TP(D)	35	1	1	15			10	2	5	0								69
Factor Dia	1.27	1.34	1.3	1.29	1.27	1.24	1.23	1.34	1.49	1.33	1.6	1.42	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	
Factor Semana	0.96	1.01	1.01	0.95	1.06	0.92	0.99	0.89	0.86	0.84	3.81	0.86	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	
Factor Temporada	0.96	0.27	1	0.97	0.97	1.18	0.98	0.91	1.02	0.99	1.00	0.92	1.0	1.0	1.0	2.0	0.7	
TPD Verano	41	1	1	18			12	2	7									82
% TPDA	50	1.22	1.22	21.95			14.63	2.44	8.54									100
<b>% Vehiculos Livianos</b>							<b>% Vehiculos Pesados</b>										100	
74.39%							25.61%											

Fuente: Revista de tráfico del MTI año 2009

Tabla N° 34 Pesos y dimensiones de los vehículos MTI.

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

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura.

Tabla N° 35 Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Eje Simple, Pt = 2.0

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

Fuente: AASTHO Guía para el Diseño de estructura de pavimento 1993.

Tabla N° 36 Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Ejes tándem, Pt = 2.0

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	pulg (mm)					
		1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	267.0	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	275.9	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	284.7	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	293.6	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	302.5	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	311.4	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	320.3	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	329.2	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	338.1	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	347.0	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	355.9	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	364.8	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	373.7	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	382.6	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	391.5	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	400.4	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: AASTHO Guía para el Diseño de estructura de pavimento 1993.

Tabla N° 37 Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Ejes tridem, Pt = 2.0.

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

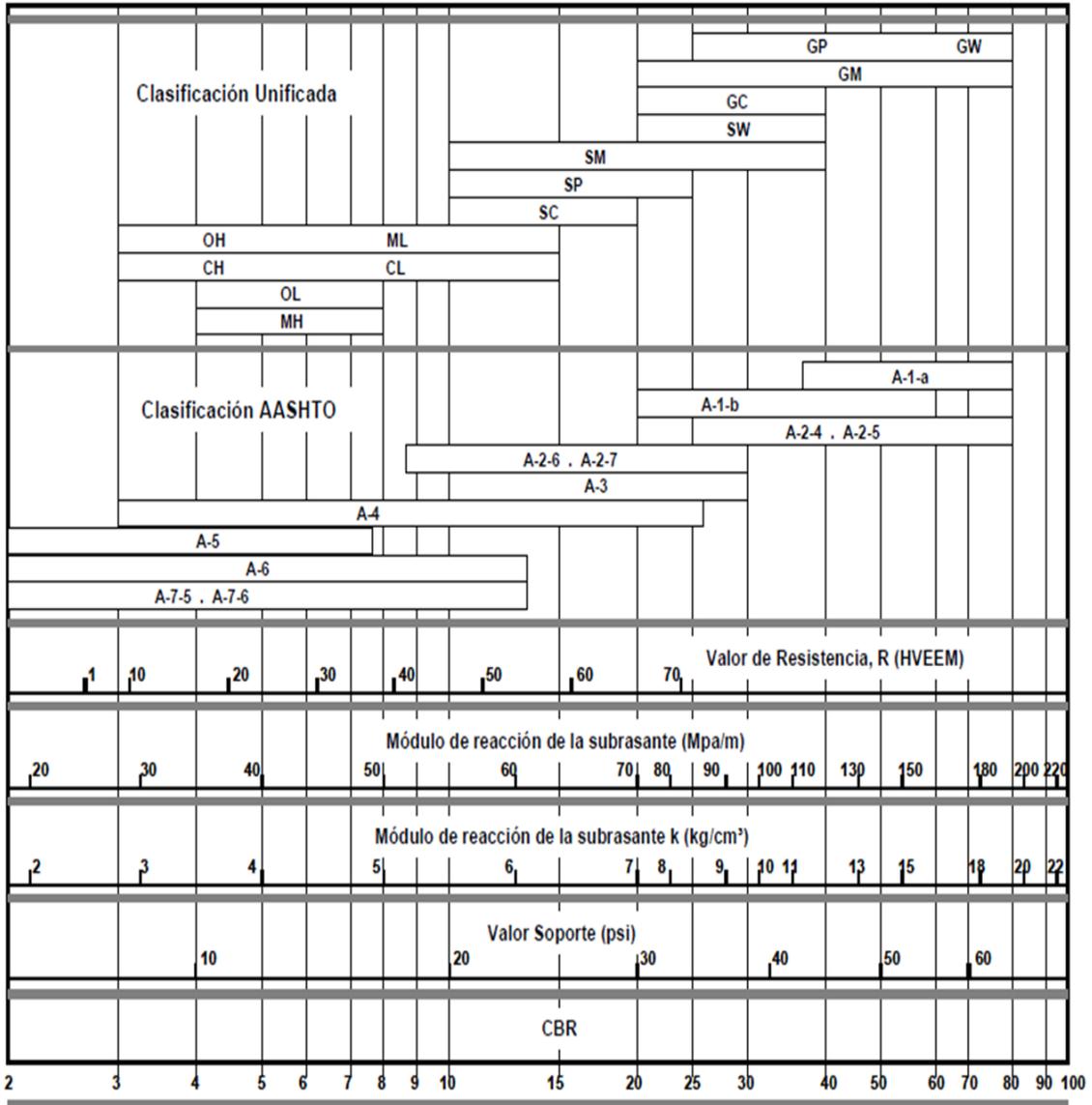
Fuente: AASTHO Guía para el Diseño de estructura de pavimento 1993.

Tabla N° 38 Correlación entre el tipo de material, CBR y K.

Clasificación ASSHTO	Descripción	Clasif. S. U.	Densidad Seca (kg/m <sup>3</sup> )	CBR (%)	Valor K (psi/in)
Suelos granulares:					
A-1-a, bien graduada	Grava	GW, GP	125 - 140	60 - 80	300 - 450
A-1-a, mal graduada			120 - 130	35 - 60	300 - 400
A-1-b	Arena Gruesa	SW	110 - 130	20 - 40	200 - 400
A-3	Arena Fina	SP	105 - 120	15 - 25	150 - 300
A-2 Material granular con alto contenido de finos					
A-2-4 gravoso	Grava Limosa	GM	130 - 145	40-80	300 - 500
A-2-5, gravoso	Grava Arena Limosa				
A-2-4, arenoso	Arena Limosa	SM	120 - 135	20 - 40	300 - 400
A-2-5, arenoso	Arena Gravo Limosa				
A-2-6, gravoso	Grava Arcillosa	GC	120 - 140	20 - 40	200 - 450
A-2-7, gravoso	Grava Arena Arcillosa				
A-2-6, arenoso	Arcilla Arenosa	SC	105 - 130	10 - 20	150 - 350
A-2-7, arenoso	Arcilla Grava Arenosa				
Suelos finos:					
A-4	Limo	ML, OL	90 - 105	4 - 8	25 - 165*
	Mezclas de Limo/Arena/ Grava		100 - 125	5 - 15	40 - 220 *
A - 5	Limo mal graduado	MH	80 - 100	4 - 8	25 - 190*
A - 6	Arcilla plástica	CL	100 - 125	5 - 15	25 - 255*
A-7-5	Arcilla Elástica moderadamente plástica	CL, OL	90 - 125	4 - 15	25 - 125 *
A-7-6	Arcilla muy plástica	CH, OH	80 - 110	3 - 5	40 - 220*

Fuente: AASTHO Guía para el Diseño de estructura de pavimento 1993.

Tabla N° 39 Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos.



Fuente: AASTHO Guía para el Diseño de estructura de pavimento 1993.

Tabla N° 40 Valoración de impactos

NATURALEZA		Intensidad (I)	(Grado de
		Destrucción)	
Impacto beneficioso	( + )	Baja	1
Impacto perjudicial	( - )	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
Extensión (EX)	(Área de	Momento (MO)	(Plazo de
influencia)		manifestación)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Critico	(+4)
Critica	(+4)		
Persistencia (PE) (Permanencia del Efecto)		Reversibilidad (RV)	
Fugaz	1	Corto Plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI) (Regularidad de la Manifestación)		Acumulación (AC) (Incremento Progresivo)	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy Sinérgico	4		
Efecto (EF) ( Relación Causa - Efecto)		Periodicidad (PR)	(Regularidad de la
		manifestación )	
Indirecto (secundario)	1	Irregularidad o aperiodico y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC) (Reconstrucción por Medios Humanos)		Importancia (I)	
Recuperabilidad de manera inmediata	1	I = +(3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)	
Recuperable a medio plazo	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Fuente: Elaboración Propia

