

PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA SUTAMARCHÁN - LA PUNTA DEL LLANO QUE COMUNICA LOS MUNICIPIOS DE SUTAMARCHÁN, VILLA DE LEYVA Y SANTA SOFÍA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ



COMPONENTE DE TRÁNSITO

INFORME ELABORADO PARA:

ALCALDÍA MUNICIPAL D E SUTAMARCHAN



INFORME ELABORADO POR:



A.P.P CONTROL INGENIERÍA  
NIT: 900446925-7

apcontrolingenieria@hotmail.com  
Tunja - Boyacá

FEBRERO, 2017

	PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA SUTAMARCHÁN	CÓDIGO: APPTRA
	- LA PUNTA DEL LLANO QUE COMUNICA LOS	VERSIÓN: 01
	MUNICIPIOS DE SUTAMARCHÁN, VILLA DE	FECHA: Febrero 2017
	LEYVA Y SANTA SOFÍA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 2 de 28

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>1. CONSIDERACIONES GENERALES</b>	<b>7</b>
1.1 OBJETO DEL ESTUDIO	7
1.2 Ubicación	7
1.3 Clasificación De La Vía	10
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>11</b>
2.1 Caracterización del tránsito	11
<b>3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN RECOLECTADA</b>	<b>14</b>
3.1 Aforos Vehiculares	14
3.2 Cálculo del TPD y composición vehicular	15
<b>4. PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Tránsito Futuro</b>	<b>16</b>
4.1.1 Tránsito actual (TA)	17
4.1.2 Tránsito atraído (TAt)	18
4.1.3 Tránsito generado en una vía mejorada (TG)	18
4.1.4 Tránsito desarrollado (TD)	18
4.1.5 Crecimiento normal del tránsito (CNT)	19
<b>4.2 Parámetros De Cálculo</b>	<b>19</b>
4.2.1 Período de diseño (n)	19
4.2.2 Distribución direccional y por carril de vehículos pesados	20
4.2.3 Tasa de crecimiento anual (r)	20
4.2.4 Factor de Daño (FD)	21
4.2.5 Confiabilidad, Zr	22

	PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA SUTAMARCHÁN - LA PUNTA DEL LLANO QUE COMUNICA LOS MUNICIPIOS DE SUTAMARCHÁN, VILLA DE LEYVA Y SANTA SOFÍA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	CÓDIGO: APPTRA
		VERSIÓN: 01
		FECHA: Febrero 2017
		Página 3 de 28

4.3	Resultado de proyección del tránsito	23
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
	ANEXOS	25
1.	MEMORIAS DE CÁLCULO	26



	PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA SUTAMARCHÁN - LA PUNTA DEL LLANO QUE COMUNICA LOS MUNICIPIOS DE SUTAMARCHÁN, VILLA DE LEYVA Y SANTA SOFÍA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	CÓDIGO: APPTRA
		VERSIÓN: 01
		FECHA: Febrero 2017
		Página 4 de 28

## LISTA DE ESQUEMAS

	Pág.
Esquema 1 Localización general.	8
Esquema 2. Localización específica.	9
Esquema 3 Esquema de clasificación de vehículos	12
Esquema 4 Descripción clasificación de vehículos	13
Esquema 5 Componentes del tránsito futuro	17



	PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA SUTAMARCHÁN - LA PUNTA DEL LLANO QUE COMUNICA LOS MUNICIPIOS DE SUTAMARCHÁN, VILLA DE LEYVA Y SANTA SOFÍA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	CÓDIGO: APPTRA
		VERSIÓN: 01
		FECHA: Febrero 2017
		Página 5 de 28

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Categoría de las vías en Colombia	10
Tabla 2. Resumen aforos vehiculares	14
Tabla 3. Cálculo del TPD y composición vehicular	15
Tabla 4. Períodos de diseño estructural recomendados	19
Tabla 5. Factor de distribución por carril, Fca	20
Tabla 6. Factor direccional (Fd)	20
Tabla 7. Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial nacional	21
Tabla 8. Factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo	21
Tabla 9. Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras	22
Tabla 10. Desviación normal estándar, Zr.	22
Tabla 11. Resultado de proyección del tránsito	23
Tabla 12. Proyección del volumen del tránsito por quinquenios	24

	PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA SUTAMARCHÁN - LA PUNTA DEL LLANO QUE COMUNICA LOS MUNICIPIOS DE SUTAMARCHÁN, VILLA DE LEYVA Y SANTA SOFÍA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	CÓDIGO: APPTRA
		VERSIÓN: 01
		FECHA: Febrero 2017
		Página 6 de 28

## INTRODUCCIÓN

Este estudio de consultoría se realiza con el propósito de conocer y establecer las condiciones actuales de operación y de demanda del tránsito, y en base a estas condiciones, realizar la proyección de los volúmenes de tránsito que circularan sobre la vía en estudio.

En la realización de este tipo de estudios es necesaria la toma de información en campo a través de aforos vehiculares, mediante estaciones de conteo ubicadas estratégicamente a lo largo de la vía, de tal forma que se puedan identificar y cuantificar todos los flujos de tráfico para su posterior proyección. Para completar lo anterior, también se debe realizar la consulta de información secundaria acerca de futuros proyectos o actividades en la zona de influencia, que puedan afectar los volúmenes de tránsito, a través de entidades municipales o regionales competentes.

Como resultado de este estudio, a través de la aplicación de las metodológicas y procesos dados por el INVÍAS y la AASHTO, se obtiene el volumen de tránsito para el diseño de las estructuras de pavimento que van a ser proyectadas. El cálculo tiene como fin dar el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el carril de diseño, en el periodo de diseño, el cual va asociado a la categoría de la vía.

	PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA SUTAMARCHÁN - LA PUNTA DEL LLANO QUE COMUNICA LOS MUNICIPIOS DE SUTAMARCHÁN, VILLA DE LEYVA Y SANTA SOFÍA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	CÓDIGO: APPTRA
		VERSIÓN: 01
		FECHA: Febrero 2017
		Página 7 de 28

## 1. CONSIDERACIONES GENERALES

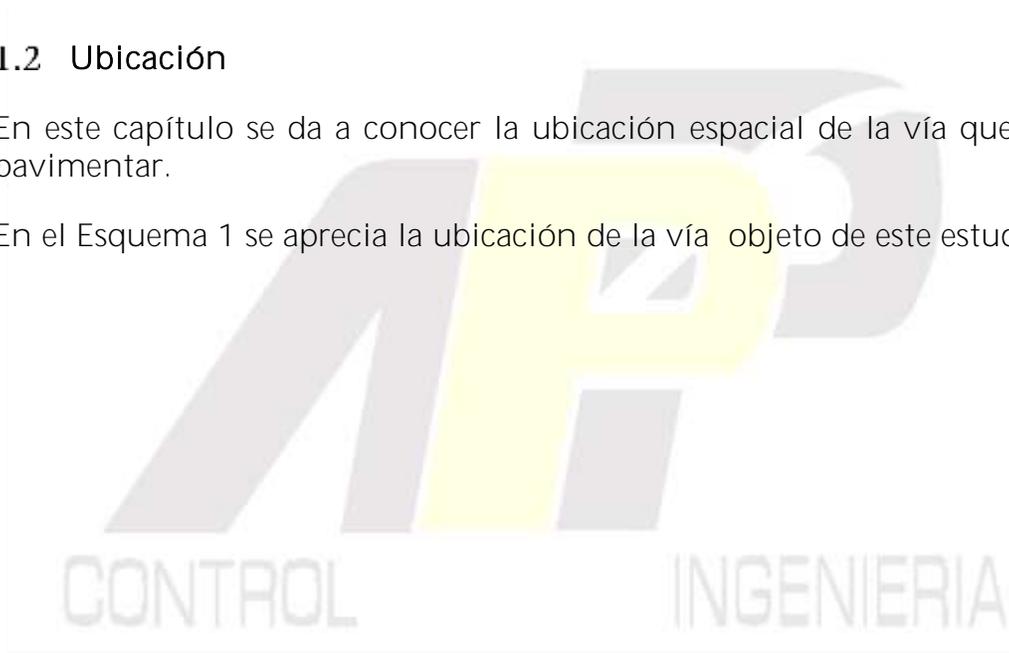
### 1.1 OBJETO DEL ESTUDIO

Este estudio tiene como objeto determinar el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el carril de diseño, en el periodo de diseño, de la pavimentación de la vía Sutamarchan - la punta del llano.

### 1.2 Ubicación

En este capítulo se da a conocer la ubicación espacial de la vía que se planea pavimentar.

En el Esquema 1 se aprecia la ubicación de la vía objeto de este estudio.



	PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA SUTAMARCHÁN	CÓDIGO: APPTRA
	- LA PUNTA DEL LLANO QUE COMUNICA LOS	VERSIÓN: 01
	MUNICIPIOS DE SUTAMARCHÁN, VILLA DE	FECHA: Febrero 2017
	LEYVA Y SANTA SOFÍA DEPARTAMENTO DE	Página 8 de 28
	BOYACÁ	

Esquema 1 Localización general.



Fuente: Google Maps

Esquema 2. Localización específica.



Fuente: Google Maps

CONTROL

INGENIERIA **BAS**

### 1.3 Clasificación De La Vía

De acuerdo al manual de medios y altos volúmenes de tránsito la categoría de la vía se clasifica como tipo III, de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 1. Categoría de las vías en Colombia

#### CATEGORÍA DE LA VIA

DESCRIPCIÓN	I	II	III	ESPECIAL
	Autopistas interurbanas, caminos interurbanos principales	Colectoras interurbanas, caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales con tránsito mediano, caminos estratégicos	Pavimentos especiales e innovaciones
Importancia	Muy importante	Importante	Poco importante	Importante a poco importante
Tránsito promedio diario	<5.000	1.000-10000	<1.000	<10.000

Fuente: manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito

	PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA SUTAMARCHÁN	CÓDIGO: APPTRA
	- LA PUNTA DEL LLANO QUE COMUNICA LOS	VERSIÓN: 01
	MUNICIPIOS DE SUTAMARCHÁN, VILLA DE	FECHA: Febrero 2017
	LEYVA Y SANTA SOFÍA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 11 de 28

## 2. METODOLOGÍA

Para el conteo realizado en la vía del proyecto, se tuvo en cuenta el uso principal de la vía y las vías de acceso que pudieran llegar a aumentar o disminuir el tráfico por consolidación habitacional, industrial, comercial o demás tipos de proyectos que puedan llegar a afectar la demanda del tránsito actual, y en especial, a futuro.

Con base a lo anterior, se realizó un conteo durante dos días con tránsito normal y un día con tránsito pico de los días 19, 20 y 22 de febrero del 2017.

### 2.1 Caracterización del tránsito

Para la caracterización del tránsito se realizan aforos durante días representativos de la semana, pues no se tiene información de la caracterización en cuanto a volúmenes vehiculares en el sector y se requiere tipificar los diarios (días pico, normal y valle). La información de campo se tomó en formatos especiales, que se incluyen en el Anexo de este capítulo. En ellos se discriminan los diferentes tipos de vehículos y distribuciones de ejes normales en las vías de aforo, de acuerdo a la clasificación vehicular establecida por el INVÍAS. Los conteos se realizaron en 3 días, desde las 6:00 a.m. hasta las 6:00 pm, en el mes de febrero de 2017, con aforadores debidamente capacitados, en donde los formatos fueron digitalizados y totalizados.

Para la obtención de los TPD definitivos se utilizó la siguiente fórmula, considerando como días normales a la semana 6 y un día pico 1.

Ecuación 1. Ponderado TPD

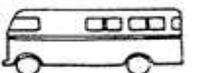
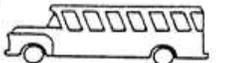
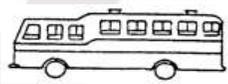
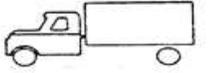
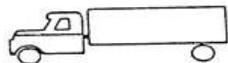
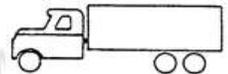
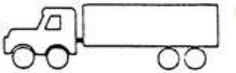
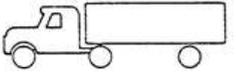
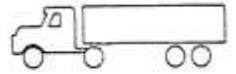
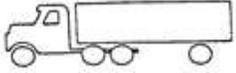
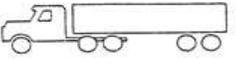
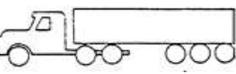
$$TPD = \frac{Veh \cdot Días_{Normal} + Veh \cdot Días_{Pico} + Veh \cdot Días_{Valle}}{7 \text{ Días}}$$

Fuente: El Estudio

Debido a que los conteos no se realizaron durante las 24 horas, se utilizará un factor de expansión del total de los vehículos aforados del 20.0%, con el fin de representar las horas no contabilizadas.

Durante este conteo vehicular se clasificaron los diferentes tipos de vehículos que por allí circulan, dicha clasificación se realizó con el fin de determinar el porcentaje de vehículos livianos, buses y camiones; la clasificación adoptada se muestra a continuación:

Esquema 3 Esquema de clasificación de vehículos

CLASIFICACIÓN		TIPO DE VEHÍCULO	ESQUEMA	
AUTOS		AUTOMOVIL		
		CAMPERO		
		CAMIONETA		
BUSES		BUSETA		
		BUSETA		
		BUS METROPOLITANO		
CAMIONES	C2P	CAMION DE DOS EJES PEQUEÑO		
	C2G	CAMION DE DOS EJES GRANDE		
		CAMIÓN C3		
		CAMIÓN C4		
	C3 Y C4		TRACTOCAMIÓN C2 - S1	
			TRACTOCAMIÓN C2 - S2	
			TRACTOCAMIÓN C3 - S1	
	C5	TRACTOCAMIÓN C3 - S2		
	>C5	TRACTOCAMIÓN C3 - S3		

Fuente: INVÍAS.

La descripción de una de los vehículos anteriores se da en el Esquema 3.

Esquema 4 Descripción clasificación de vehículos

TIPO DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	FOTO
AUTOS	Vehículos livianos, automotor con un eje simple direccional y un eje simple de tracción	
BUSETA	Automotor con un eje simple direccional y un eje simple de tracción	
BUSES	Automotor con un eje simple direccional y un eje simple de rueda con doble tracción	
CAMIÓN C2P	Automotor con un eje simple direccional y un eje simple de tracción	
CAMIÓN C2G	Automotor con un eje simple direccional y un eje simple de rueda doble tracción	
CAMIÓN C3	Automotor con un eje simple direccional y un eje tándem de rueda doble de tracción	
CAMIÓN C4	Automotor con dos ejes simples direccionales y un eje tándem de rueda doble de tracción	
CAMIÓN C5	Vehículo articulado con un eje simple direccional, un eje tándem de tracción y un eje tándem de rueda de amarre (semirremolque)	
CAMIÓN >5	Vehículo articulado con un eje imple direccional, un eje tándem de tracción y un eje de tridem de rueda de arrastre (semirremolque)	

Fuente: Higuera S. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras. UPTC. 2011.

	PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA SUTAMARCHÁN	CÓDIGO: APPTRA
	- LA PUNTA DEL LLANO QUE COMUNICA LOS	VERSIÓN: 01
	MUNICIPIOS DE SUTAMARCHÁN, VILLA DE	FECHA: Febrero 2017
	LEYVA Y SANTA SOFÍA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	Página 14 de 28

### 3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN RECOLECTADA

A continuación se da conocer un resumen de los aforos vehiculares realizados, los cuales servirán de base para realizar el cálculo del tránsito promedio diario semanal y la composición vehicular. Los anteriores parámetros son importantes para el cálculo del tránsito futuro.

#### 3.1 Aforos Vehiculares

En los formatos de campo se contabilizó el tráfico que iba en ambos sentidos. A continuación se da un resumen de los aforos obtenidos, ya con el factor de expansión del 20%; los formatos de campo se muestran en los anexos.

Tabla 2. Resumen aforos vehiculares

RESUMEN AFORO VEHICULAR										
DÍA	AUTOS	BUSES	BUS-METROP	C-2P	C-2G	C3 - C4	C5	>C5	TOTAL VEHÍCULOS COMERCIALES	
19/02/2017	DÍA PICO	482	20	0	58	18	0	0	0	96
20/02/201	DÍA NORMAL	416	18	0	64	24	0	0	0	106
22/02/2017	DÍA NORMAL	431	16	0	49	26	0	0	0	91
PROMEDIO	DÍA NORMAL	424	17	0	57	25	0	0	0	99

Fuente: Tabulación de aforos.

De la anterior tabla y de los formatos de campo, se observa que la composición presenta un gran volumen de vehículos tipo automóvil, el cual corresponde a un vehículo liviano.

El resumen de aforos anterior, tiene el total de ambos sentidos, siguiendo lo propuesto en la metodología, descrita en el numeral anterior.

### 3.2 Cálculo del TPD y composición vehicular

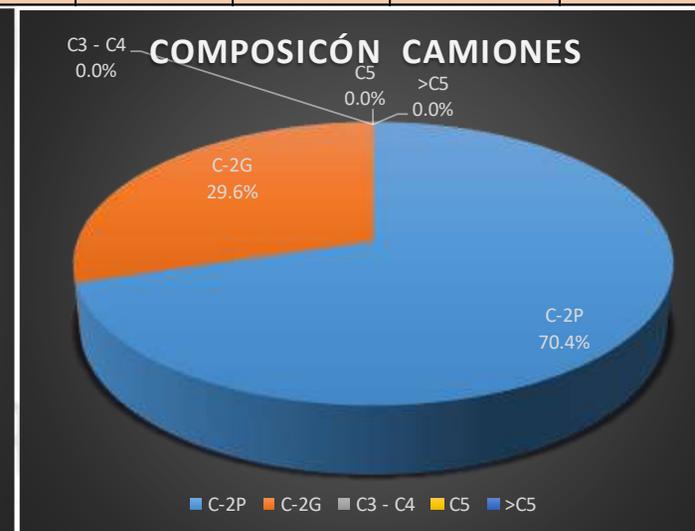
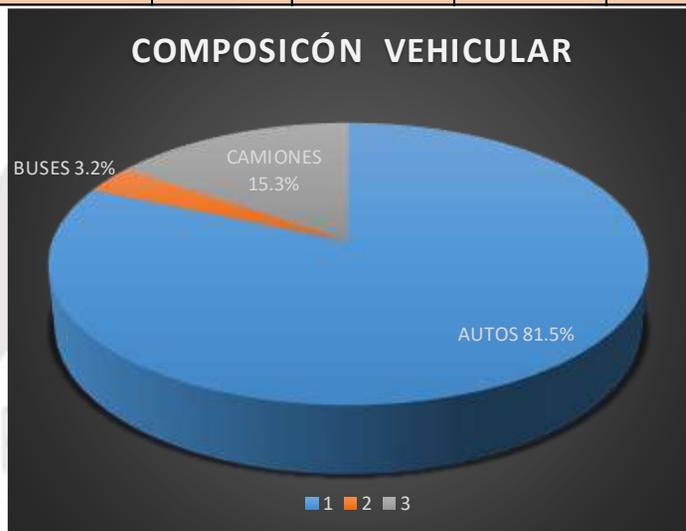
En base al resultado de los aforos y a la metodología descrita en este estudio, se realiza el cálculo del tránsito promedio diario semanal TPDs y la composición vehicular, como se da a conocer en la Tabla 3.

Tabla 3. Cálculo del TPD y composición vehicular

CÁLCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO Y COMPOSICIÓN VEHICULAR									
TIPO DE VEHÍCULO	AUTOS	BUSES	BUS-METROP	C-2P	C-2G	C3 - C4	C5	>C5	TOTAL
									
TPDs	432	17	0	57	24	0	0	0	530
COMPOSICIÓN	81.5%	3.2%	0.0%	10.8%	4.5%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

COMPOSICIÓN VEHICULAR	
AUTOS	81.5%
BUSES	3.2%
CAMIONES	15.3%
COMERCIALES	18.5%

COMPOSICIÓN CAMIONES	
C-2P:	70.4%
C-2G:	29.6%
C3 - C4:	0.0%
C5:	0.0%
>C5:	0.0%



Fuente: El estudio.

	PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA SUTAMARCHÁN - LA PUNTA DEL LLANO QUE COMUNICA LOS MUNICIPIOS DE SUTAMARCHÁN, VILLA DE LEYVA Y SANTA SOFÍA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	CÓDIGO: APPTRA
		VERSIÓN: 01
		FECHA: Febrero 2017
		Página 16 de 28

## 4. PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO

Para la estimación del crecimiento del tránsito para el periodo de diseño seleccionado, se ha utilizado una variedad de criterios, parámetros y factores. Entre los más relevantes se encuentran los siguientes:

- Período de diseño (n)
- Tasa de crecimiento anual (r)
- Ancho de la calzada
- Factor direccional (Fd)
- Composición de los vehículos comerciales
- Factor de Daño (FD)
- Confiabilidad

A continuación se da conocer su descripción, y su forma de cálculo y adopción para cada caso.

### 4.1 Tránsito Futuro

Los volúmenes de tránsito futuro (TF), para efectos de proyecto se derivan a partir del tránsito actual (TA) y del incremento del tránsito (IT), esperado al final del periodo o año meta seleccionado. De acuerdo a esto, se puede plantear la siguiente expresión:

$$TF = TA + IT$$

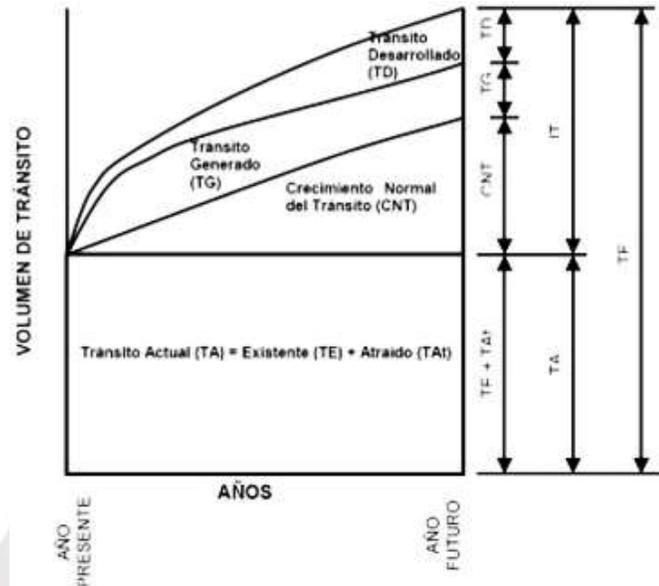
Sustituyendo en la ecuación del tránsito futuro (TF), encontramos que:

$$TF = TA + IT$$

$$TF = (TE + TAt) + (CNT + TG + TD)$$

En el esquema 5. se observa los componentes del volumen de tránsito futuro, que permiten evaluar el número de ejes equivalentes a 8.2 toneladas en el carril de diseño durante el periodo de diseño.

Esquema 5 Componentes del tránsito futuro



Fuente: Metodología de la AASHTO

$T_n = TPD_{sp} \times (1 + r)^n$ ; tránsito al finalizar la construcción.

n en años; Periodo de diseño del pavimento.

r: % Crecimiento normal del tránsito.

#### 4.1.1 Tránsito actual (TA)

El tránsito actual (TA) es el volumen de tránsito que usará la carretera mejorada o la nueva carretera en el momento de quedar completamente en servicio. En el mejoramiento de una carretera existente, el tránsito actual se compone del tránsito existente (TE) antes de la mejora, más el tránsito atraído (TAt) a ella de otras carreteras una vez finalizada su reconstrucción total. En el caso de la apertura de una nueva carretera, el tránsito actual se compone completamente de tránsito atraído.

$$TA = TE + TAt$$

	PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA SUTAMARCHÁN - LA PUNTA DEL LLANO QUE COMUNICA LOS MUNICIPIOS DE SUTAMARCHÁN, VILLA DE LEYVA Y SANTA SOFÍA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ	CÓDIGO: APPTRA
		VERSIÓN: 01
		FECHA: Febrero 2017
		Página 18 de 28

#### 4.1.2 Tránsito atraído (TAt)

El tránsito atraído es el volumen de tránsito que, sin cambiar ni su origen ni su destino, puede ocupar la futura vía pavimentada como ruta alterna, afluyendo a ella a través de otras vías ya existentes y que es alrededor del 10% del tránsito existente.

$$TAt = TE \times 10\%$$

#### 4.1.3 Tránsito generado en una vía mejorada (TG)

El tránsito generado (TG) consta de aquellos viajes vehiculares, distintos a los del transporte público, que no se realizarían si no se construye la nueva carretera. Al tránsito generado se le asignan tasas de incremento entre el 5 y el 25 % del tránsito actual. Para el estudio se toma el 15% teniendo en cuenta que el proyecto plantea el mejoramiento y pavimentación de esta vía.

Entonces el tránsito generado es:

$$TG = TE \times 15\%$$

#### 4.1.4 Tránsito desarrollado (TD)

El tránsito desarrollado (TD) es el incremento del volumen de tránsito debido a las mejoras en el suelo adyacente a la carretera. A diferencia del tránsito generado, el tránsito desarrollado continua actuando por muchos años después que la nueva carretera ha sido puesta al servicio. La experiencia indica que en carreteras construidas con especificaciones, el suelo lateral tiende a desarrollarse más rápidamente de lo normal, generando valores del orden del 5% del tránsito actual.

Es alrededor del 5% del tránsito actual

$$TD = TA \times 5\%$$

#### 4.1.5 Crecimiento normal del tránsito (CNT)

El crecimiento normal del tránsito (CNT), se obtiene a partir de la determinación de un índice tal que permita proyectar a futuro el tránsito actual, considerando que las condiciones socioeconómicas actuales permanecen constantes; la siguiente expresión permite calcular el CNT.

$$CNT = TA \cdot (1 + r)^n$$

Donde:

CNT = Crecimiento normal del tránsito  
 TA = Tránsito actual  
 r = Tasa de crecimiento anual  
 n = Número de años entre el año base y el año proyectado.

#### 4.2 Parámetros De Cálculo

##### 4.2.1 Período de diseño (n)

El período de diseño está en función de la categoría de la vía y el tránsito promedio diario TPD.

De la tabla 1 y basándonos en el TPD, que para este caso es menor a 1000, esta calle podríamos clasificarla como poco importante.

Los períodos de diseño en función a la categoría de la vía se definen en la siguiente tabla.

Tabla 4. Períodos de diseño estructural recomendados

Categoría de la vía	Período de diseño ( P.D.E) años	
	Rango	Recomendado
I	10 - 30	20
II	10 - 20	15
III	10 - 20	10
Especiales	7 - 20	10 - 15

Fuente: INVÍAS

Para este caso por tratarse de una categoría III, de acuerdo a la tabla 1, el período de diseño recomendado es de 10 años.

#### 4.2.2 Distribución direccional y por carril de vehículos pesados

Para el cálculo del tránsito equivalente por carril de diseño, se debe determinar la distribución porcentual de vehículos pesados de acuerdo a las características particulares de las condiciones de tránsito en la vía en estudio. Posteriormente, se corrige el número de vehículos comerciales en cada dirección por un factor de distribución por carril (Fca) en función del número de carriles en cada sentido, para lo cual se recomienda la sugerida por la AASHTO.

Tabla 5. Factor de distribución por carril, Fca

Número total de carriles en cada dirección	Factor de distribución para el carril de diseño (Fca)
1	1.00
2	0.90
3	0.75

Fuente: INVÍAS

El tránsito en el carril de diseño también se puede establecer en función del ancho de la calzada, como se muestra en la 6.

Tabla 6. Factor direccional (Fd)

Ancho de la calzada	Tránsito de diseño	Fd
Menos de 5 m	Total en los dos sentidos	1
Igual o mayor de 5 m y menor de 6 m	3/4 del total en los dos sentidos	0.75
Igual o mayor de 6 m	1/2 del total en los dos sentidos	0.5

Fuente: INVÍAS

Para este estudio como se trata de una calzada bidireccional de menos de 6 metros de ancho, de esta forma se adopta un Fd igual a 0.75 y un Fca de 1.0.

#### 4.2.3 Tasa de crecimiento anual (r)

Para la selección de la tasa de crecimiento cuando no se tienen series históricas, el INVÍAS<sup>1</sup> hace las siguientes recomendaciones:

Para la estimación de la tasa de crecimiento de los vehículos comerciales y como no se cuenta con datos de series históricas de tránsito, se sugiere asumir la tasa de crecimiento del tránsito (r) con base en los parámetros macroeconómicos como crecimiento del producto interno bruto, crecimiento del parque automotor, etc. y analizando los parámetros de desarrollo de la región afectada por la vía.

<sup>1</sup> INVÍAS. Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. Bogotá D.C., 1988.

A nivel de referencia, en la Tabla 7 se indican los rangos de valores de crecimiento de tránsito obtenidos en diferentes tramos de la red vial nacional, dependiendo de los niveles de tránsito promedio diario semanal.

Tabla 7. Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial nacional

Nivel del tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN durante el período de diseño en el carril de diseño	Tasa de crecimiento
T1	< 150,000	2.0%
T2	150,000 - 500,000	3.0%

Fuente: INVÍAS

De acuerdo a la tabla anterior, y teniendo en cuenta el TPDs del tramo objeto del estudio se adopta un factor de crecimiento del 3%.

#### 4.2.4 Factor de Daño (FD)

El factor de equivalencia de carga o factor de daño por tipo de vehículo comercial representa el mayor o menor daño que un tipo de vehículo causa a un pavimento. El factor representa el número de veces que pasa el eje normalizado de 8.2 toneladas por cada pasada del tipo de vehículo considerado.

En la Tabla 8 se dan los factores recomendados por el INVÍAS.

Tabla 8. Factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo

TIPO DE VEHÍCULO		FACTOR DE EQUIVALENCIA
BUSES	Bus	0.40
	Bus Metropolitano	1.00
C2P	C2P	1.14
C2G	C2G	3.44
C3 Y C4	C3	3.76
	C2 S1	3.37
	C4	6.73
	C3 S1	2.22
	C2 S2	3.42
C5	C3 S2	4.40
> C5	>C5	4.72

Fuente: INVÍAS

Los anteriores valores fueron los adoptados para este estudio.

#### 4.2.5 Confiabilidad, Zr

El nivel de confianza es uno de los parámetros importantes introducidos por la AASHTO al diseño de pavimentos, porque establece un criterio que está relacionado con el desempeño del pavimento frente a las sollicitaciones exteriores. La confiabilidad se define como la probabilidad de que el pavimento diseñado se comporte de manera satisfactoria durante toda su vida de proyecto, bajo las sollicitaciones de carga e intemperismo, o la probabilidad de que los problemas de deformación y fallas estén por debajo de los niveles permisibles. Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, la confiabilidad de la resistencia de cada una de las capas y el tránsito de diseño pronosticado.

Tabla 9. Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras

Clasificación	Nivel de confianza recomendado	
	Urbana	Rural
Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras de tránsito	80 - 95	75 - 95
Carreteras locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington D.C., 1993. II-9.

Los valores de desviación normal estándar son los siguientes:

Tabla 10. Desviación normal estándar, Zr.

Confiabilidad	Zr
70%	0.524
75%	0.674
80%	0.842
85%	1.036
90%	1.282
95%	1.645
96%	1.751
97%	1.881
98%	2.055
99%	2.328
99.90%	3.090
99.99%	3.750

Fuente: AASHTO. Guide for design of pavement structures. Washington D.c., 1993.pl-62.

Para este estudio se selecciona un nivel de confianza del 85%, según las recomendaciones de la AASHTO, dando un Zr de 1.036.

### 4.3 Resultado de proyección del tránsito

En la Tabla 11 se da conocer el resultado de los cálculos de proyección del tránsito, obteniéndose un total de  $0.8 \times 10^6$  ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el carril de diseño, en el periodo de diseño.

Tabla 11. Resultado de proyección del tránsito

EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS Carril Diseño /Período Diseño			Factores adoptados y calculados		TIPO DE VEHÍCULO		F. Daño
No.	Año	Tránsito $N_{80\text{Kn}}$	F. Direcc, Fd		BUSES		
5	2022	$0.41 \times 10^6$	F. Distrib, Fca	0.75	Bus		0.40
10	2027	$0.80 \times 10^6$	Parámetro Zr	1.00	Metropolitano		1.00
			F. Camión Fc	1.036	C2P		1.14
15	2032	$1.26 \times 10^6$		1.57	C2G		3.44
					C3		3.76
20	2037	$1.80 \times 10^6$	<b>TRÁNSITO <math>N_{80\text{Kn}}</math> pd/cd</b> <b>10 años - 2027</b> <b><math>0.80 \times 10^6</math></b>		C2 S1		3.37
					C4		6.73
					C3S1		2.22
					C2S2		3.42
					C5		4.40
> C5		4.72					

DETALLE DEL CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS										
AÑO		COMPONENTES DEL TRÁNSITO					Tránsito N	Tránsito N-correcto	Tránsito N acumulado	Tránsito N diseño $1 \times 10^6$
No.	Año	TE	TAt	TA	TG+TD	TF				
0	2017	530	53	583	117	700	55.629	62.676	62.676	0.06
1	2018	546	55	601	120	721	57.298	64.556	127.232	0.13
2	2019	562	56	618	124	742	58.967	66.437	193.669	0.19
3	2020	579	58	637	127	764	60.715	68.406	262.075	0.26
4	2021	596	60	656	131	787	62.543	70.466	332.541	0.33
<b>5</b>	<b>2022</b>	<b>614</b>	<b>61</b>	<b>675</b>	<b>135</b>	<b>810</b>	<b>64.371</b>	<b>72.525</b>	<b>405.066</b>	<b>0.41</b>
6	2023	632	63	695	139	834	66.278	74.674	479.740	0.48
7	2024	651	65	716	143	859	68.265	76.913	556.653	0.56
8	2025	671	67	738	148	886	70.411	79.331	635.984	0.64
9	2026	691	69	760	152	912	72.477	81.658	717.642	0.72
<b>10</b>	<b>2027</b>	<b>712</b>	<b>71</b>	<b>783</b>	<b>157</b>	<b>940</b>	<b>74.702</b>	<b>84.165</b>	<b>801.807</b>	<b>0.80</b>
11	2028	733	73	806	161	967	76.848	86.583	888.390	0.89
12	2029	755	76	831	166	997	79.232	89.269	977.659	0.98
13	2030	778	78	856	171	1027	81.616	91.955	1.069.614	1.07
14	2031	801	80	881	176	1057	84.000	94.641	1.164.255	1.16
<b>15</b>	<b>2032</b>	<b>825</b>	<b>83</b>	<b>908</b>	<b>182</b>	<b>1090</b>	<b>86.622</b>	<b>97.595</b>	<b>1.261.850</b>	<b>1.26</b>
16	2033	850	85	935	187	1122	89.165	100.460	1.362.310	1.36
17	2034	876	88	964	193	1157	91.947	103.595	1.465.905	1.47
18	2035	902	90	992	198	1190	94.569	106.549	1.572.454	1.57
19	2036	929	93	1022	204	1226	97.430	109.772	1.682.226	1.68
<b>20</b>	<b>2037</b>	<b>957</b>	<b>96</b>	<b>1053</b>	<b>211</b>	<b>1264</b>	<b>100.450</b>	<b>113.175</b>	<b>1.795.401</b>	<b>1.80</b>

Fuente: El estudio.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

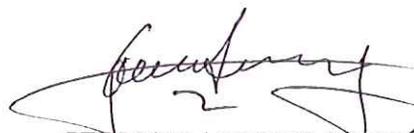
- De los trabajos de campo, los aforos y mediante la aplicación de la metodología recomendada por el INVÍAS en sus manuales, y además, por las recomendaciones de la AASHTO, se obtuvo del procesos de análisis y cálculos, una proyección del tránsito a 10 años de  $0.80 \times 10^6$  ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el carril de diseño, en el periodo de diseño en el caso del pavimento flexible.
- Aunque en este estudio el período de diseño seleccionado fue de 10 años, el estudio del diseño del pavimento puede cambiar este valor según criterio del ingeniero, por tanto, en este estudio también se da la proyección del tránsito para diferentes años, así, para cada caso a implementar:

Tabla 12. Proyección del volumen del tránsito por quinquenios

EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS Carril Diseño /Período Diseño		
No.	Año	Tránsito $N_{80\text{ Kn}}$
5	2022	$0.41 \times 10^6$
10	2027	$0.80 \times 10^6$
15	2032	$1.26 \times 10^6$
20	2037	$1.80 \times 10^6$

Fuente: El estudio.

Cordialmente,



**GERMAN ANDRES GARCÍA  
GRANADOS**

*Ingeniero en Transporte y vías*  
M.P. 01110-10465 CPITV

Tunja febrero de 2017



PAVIMENTACIÓN DE LA VÍA SUTAMARCHÁN -  
LA PUNTA DEL LLANO QUE COMUNICA LOS  
MUNICIPIOS DE SUTAMARCHÁN, VILLA DE  
LEYVA Y SANTA SOFÍA DEPARTAMENTO DE  
BOYACÁ

CÓDIGO: APPTRA

VERSIÓN: 01

FECHA: Febrero 2017

Página 25 de 28

ANEXOS

CONTROL

INGENIERIA

BAS

## 1. MEMORIAS DE CÁLCULO

CONTROL

INGENIERIA BAS

VARIABLE	VALOR
Período de diseño (n)	10 años
Tasa de crecimiento anual (r)	3.0%
Ancho de la calzada	<6 m
Número de carriles en cada dirección	1
Confiabilidad	85%
Tránsito atraído, Tat	10.0%
Tránsito generado, TG	15.0%
Tránsito desarrollado, TD	5.0%

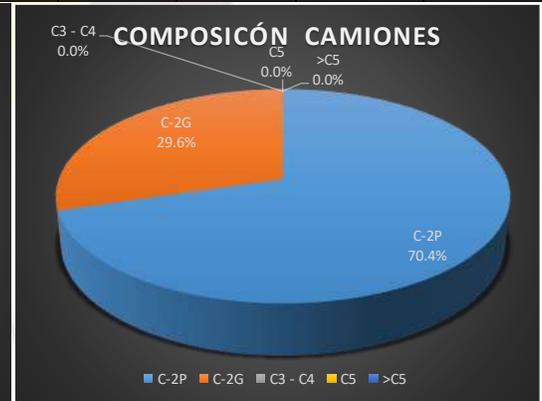
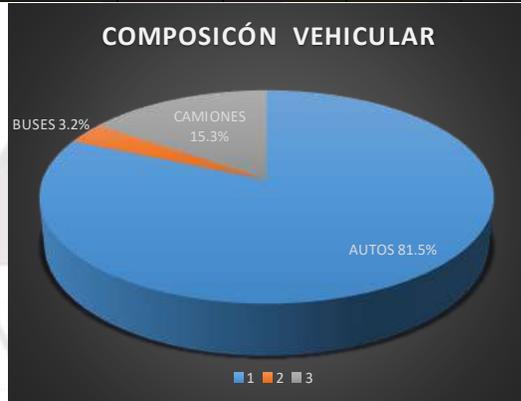
VARIABLE	VALOR
Año base	2017
Días normales	6
Días valles	0
Días picos	1
Factor direccional (Fd)	0.75
Factor distribución carril (Fca)	1.00
Valor del parámetro Zr	1.036

RESUMEN AFORO VEHICULAR									
DÍA	AUTOS	BUSES	BUS-METROP	C-2P	C-2G	C3 - C4	C5	>C5	TOTAL
DÍA NORMAL	424	17	0	57	25	0	0	0	523
DÍA PICO	482	20	0	58	18	0	0	0	578

CÁLCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO Y COMPOSICIÓN VEHICULAR									
TIPO DE VEHÍCULO	AUTOS	BUSES	BUS-METROP	C-2P	C-2G	C3 - C4	C5	>C5	TOTAL
TPDs	432	17	0	57	24	0	0	0	530
COMPOSICIÓN	81.5%	3.2%	0.0%	10.8%	4.5%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

COMPOSICIÓN VEHICULAR
AUTOS 81.5%
BUSES 3.2%
CAMIONES 15.3%
COMERCIALES 18.5%

COMPOSICIÓN CAMIONES
C-2P: 70.4%
C-2G: 29.6%
C3 - C4: 0.0%
C5: 0.0%
>C5: 0.0%





EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS Carril Diseño /Período Diseño		
No.	Año	Tránsito $N_{80 KN}$
5	2022	$0.41 \times 10^6$
<b>10</b>	<b>2027</b>	<b><math>0.80 \times 10^6</math></b>
15	2032	$1.26 \times 10^6$
20	2037	$1.80 \times 10^6$

Factores adoptados y calculados	
F. Direcc, Fd	0.75
F. Distrib, Fca	1.00
Parámetro Zr	1.036
F. Camión Fc	1.57

TRÁNSITO $N_{80 KN}$ pd/cd
10 años - 2027
<b><math>0.80 \times 10^6</math></b>

TIPO DE VEHÍCULO	F. Daño	
BUSES	Bus	0.40
	Metropolitano	1.00
C2P	C2P	1.14
C2G	C2G	3.44
C3 Y C4 (3.74)	C3	3.76
	C2 S1	3.37
	C4	6.73
	C3S1	2.22
	C2S2	3.42
C5	C3S2	4.40
> C5	> C5	4.72

DETALLE DEL CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS										
AÑO		COMPONENTES DEL TRÁNSITO					Tránsito N	Tránsito N-correctado	Tránsito N acumulado	Tránsito N diseño $1 \times 10^6$
No.	Año	TE	TAt	TA	TG+TD	TF				
0	2017	530	53	583	117	700	55.629	62.676	62.676	0.06
1	2018	546	55	601	120	721	57.298	64.556	127.232	0.13
2	2019	562	56	618	124	742	58.967	66.437	193.669	0.19
3	2020	579	58	637	127	764	60.715	68.406	262.075	0.26
4	2021	596	60	656	131	787	62.543	70.466	332.541	0.33
<b>5</b>	<b>2022</b>	<b>614</b>	<b>61</b>	<b>675</b>	<b>135</b>	<b>810</b>	<b>64.371</b>	<b>72.525</b>	<b>405.066</b>	<b>0.41</b>
6	2023	632	63	695	139	834	66.278	74.674	479.740	0.48
7	2024	651	65	716	143	859	68.265	76.913	556.653	0.56
8	2025	671	67	738	148	886	70.411	79.331	635.984	0.64
9	2026	691	69	760	152	912	72.477	81.658	717.642	0.72
<b>10</b>	<b>2027</b>	<b>712</b>	<b>71</b>	<b>783</b>	<b>157</b>	<b>940</b>	<b>74.702</b>	<b>84.165</b>	<b>801.807</b>	<b>0.80</b>
11	2028	733	73	806	161	967	76.848	86.583	888.390	0.89
12	2029	755	76	831	166	997	79.232	89.269	977.659	0.98
13	2030	778	78	856	171	1027	81.616	91.955	1.069.614	1.07
14	2031	801	80	881	176	1057	84.000	94.641	1.164.255	1.16
<b>15</b>	<b>2032</b>	<b>825</b>	<b>83</b>	<b>908</b>	<b>182</b>	<b>1090</b>	<b>86.622</b>	<b>97.595</b>	<b>1.261.850</b>	<b>1.26</b>
16	2033	850	85	935	187	1122	89.165	100.460	1.362.310	1.36
17	2034	876	88	964	193	1157	91.947	103.595	1.465.905	1.47
18	2035	902	90	992	198	1190	94.569	106.549	1.572.454	1.57
19	2036	929	93	1022	204	1226	97.430	109.772	1.682.226	1.68
<b>20</b>	<b>2037</b>	<b>957</b>	<b>96</b>	<b>1053</b>	<b>211</b>	<b>1264</b>	<b>100.450</b>	<b>113.175</b>	<b>1.795.401</b>	<b>1.80</b>