2024

ESTUDIO DE TRÁNSITO

“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS TERCIARIAS EN EL MUNICIPIO DE COMBITA, DEPARTAMENTO DE BOYACA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS DIRECTRICES DE LAS ORIENTACIONES TRANSITORIAS PARÁ LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DEL DNP Y EL ACUERDO 12 DE LA COMISION RECTORA DEL SGR PARA LA GESTION DE PROYECTOS DE INVERSION DEL DNP”

Wilmer Aurelio Guerrero Moreno
ALCALDÍA MUNICIPAL DE CÓMBITA - BOYACÁ

1. ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO PARA "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS TERCIARIAS EN EL MUNICIPIO DE COMBITA, DEPARTAMENTO DE BOYACA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS DIRECTRICES DE LAS ORIENTACIONES TRANSITORIAS PARÁ LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DEL DNP Y EL ACUERDO 12 DE LA COMISION RECTORA DEL SGR PARA LA GESTION DE PROYECTOS DE INVERSION DEL DNP" 3

1.1 Alcance y objetivos 3

1.1.1 Alcance: 3

1.1.2 Objetivo: 3

1.2 Obtención de datos de transito 3

1.2.1 Categorización de vehículos 3

1.2.2 Estaciones de estudio 4

1.2.3 Periodo de Aforo 4

1.3 ESTUDIO DE TRANSITO 5

1.3.1 Metodología y diagnostico 5

1.3.1.1 Factor daño por vehículo comercial 6

1.3.1.2 Cargas máximas y distribución de cargas por eje. 6

1.3.1.4 Caracterización vial 7

1.3.1.5 Zonas de influencia 7

1.3.2 Análisis de resultados 7

1.3.2.1 volúmenes promedio 7

1.3.2.2 Transito promedio diario 7

1.3.3 Pronostico del transporte y proyecciones. 9

1.3.3.1 Consideraciones básicas 9

1.3.3.3 Consideraciones sobre TPD (ADT) y TPDvc (ADTT) 10

1.3.3.4 Análisis de la tasa de crecimiento del parque automotor 11

1.3.3.5 Calculo de volúmenes vehiculares proyectados 13

1.4 ESTUDIO DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO 14

1.4.1 Calculo del número de ejes equivalentes 14

2. CONCLUSIONES 15

3. RECOMENDACIONES 16

1. ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO PARA "EESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS TERCIARIAS EN EL MUNICIPIO DE COMBITA, DEPARTAMENTO DE BOYACA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LAS DIRECTRICES DE LAS ORIENTACIONES TRANSITORIAS PARÁ LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DEL DNP Y EL ACUERDO 12 DE LA COMISION RECTORA DEL SGR PARA LA GESTION DE PROYECTOS DE INVERSION DEL DNP"

1.1 Alcance y objetivos

1.1.1 Alcance:

El estudio de tránsito se soporta en el conteo vehicular en un espacio de tiempo de siete días seguidos, en la estación indicada.

1.1.2 Objetivo:

- ✓ Contabilizar el tráfico normal en un tamo rurale del municipio de Combita, Boyacá.
- ✓ Determinar si hay tráfico de camiones C3 y C4.
- ✓ Contabilizar la densidad de tráfico normal y el proyectado teniendo en cuenta los distintos tipos de vehículos.
- ✓ Hallar el número de ejes equivalentes a 8,2 toneladas a partir de la densidad de tráfico proyectado.

1.2 Obtención de datos de transito

Estos son los datos concernientes al procedimiento empleado para obtener la información necesaria para el diseño del pavimento para el área estudiada con relación a cargas pesadas que circulan en este tramo de vía.

1.2.1 Categorización de vehículos

Para el diseño de pavimentos solo se consideraran los vehículos pesados (buses y camiones C2, C3), siendo estos los mismos cuyo peso (vehiculo+carga) excede las cinco toneladas, entre los mismos se encuentran aquellos automotores que se destacan por tener 6 o más ruedas, por lo que se considera que aquellos vehículos cuyo peso es menor al mencionado como las motos ,automóviles, camperos y camionetas no se consideraran para el diseño del pavimento puesto que el efecto de estos sobre la estructura es insignificante; en cambio se debe garantizar que no habrá paso de camiones C4 sobre la estructura de pavimento, puesto que estos si tiene un gran impacto negativo sobre esta.

Puesto que las vías del municipio de Combita se usan para movilización de los habitantes del municipio, además de transporte y comercialización de productos agrícolas y ganaderos, los vehículos que se emplean para estos trabajos son de dos ejes para el transporte de productos desde la zona urbana y hacia el campo de producción de estos productos; y los camiones que llevan ganado, papa o insumos agrícolas como abonos químicos y fitosanitarios son camiones C2P y C2G, y pocas veces camiones C3.

1.2.2 Estaciones de estudio

Para contabilizar el tráfico diario se instalaron una zona de conteo por cada tramo de vía. Debido a que es un solo tramo se hará solo una estación de conteo.



1.2.3 Periodo de Aforo

En la estación destinada al estudio se realizó un conteo vehicular a lo largo de una semana, para poder establecer el número de ejes equivalentes para el diseño de la zona estudiada.

Estos aforos se realizaron entre las 6 A.M y las 6 P.M. Debido al bajo volumen de vehículos que transitan por el tramo en estudio en horas de la noche, los datos obtenidos se plasmaron en las planillas de aforo donde se puede observar claramente en la columna identificada como periodo el día y fecha del aforo y al frente de esta los datos obtenidos el día en estudio.

1.3 ESTUDIO DE TRÁNSITO

1.3.1 Metodología y diagnostico

Para el diseño de pavimentos rígidos a usar en vías de tránsito bajo con velocidades bajas y automotores de más de 5 toneladas que causan mayor daño a la estructura del pavimento, se considera el tráfico en términos de repeticiones de ejes patrones de diseño, por lo general ejes sencillos de 8,2 toneladas, aclarándose que si se busca confianza en su valoración, no se requiere conocer la magnitud de las cargas pesadas rodantes para con esta información establecer entonces la equivalencia entre estos y el eje patrón de diseño.

La cantidad de veces que transita un vehículo sobre un pavimento, como también un automotor pesado estacionado, causan daño en la estructura del pavimento, esto establece una magnitud llamada "factor de daño de vehículos comerciales".

A continuación, se presenta un esquema de los tipos de vehículos que circulan por las vías nacionales.

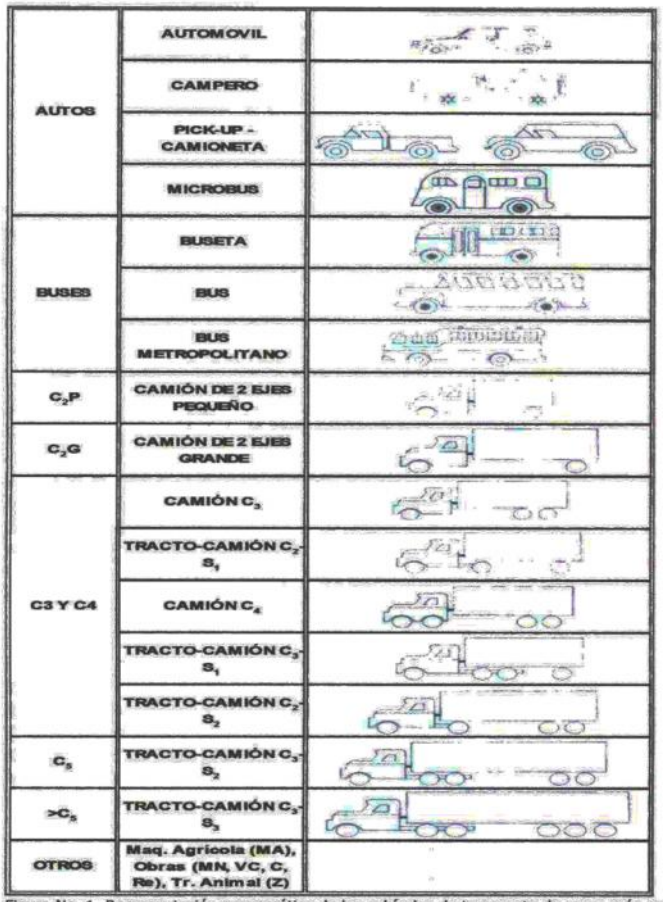


Figura No. 1 Representación esquemática de los vehículos de transporte de carga más comunes en el país. Este esquema se utilizó como formato para obtención de datos de conteo vehicular.

1.3.1.1 Factor daño por vehículo comercial

Esta numeral trata del daño que un vehículo comercial causa al pavimento en relación al eje normal de 8,2 toneladas.

Investigaciones desarrolladas en Colombia por la "universidad del cauca", en 1996, estimaron la utilización de los siguientes factores "daño por vehículo comercial para el país:

Bus	1,0
C2P	1,14
C2G	3,41
C3-C4	3,74
C5	4,39
+ C5	4,69

1.3.1.2 Cargas máximas y distribución de cargas por eje.

El ministerio de transporte mediante resolución 4100 de 2004 reglamenta el peso que pueden transmitir los vehículos como los diferentes ejes de carga.

En la siguiente tabla se describe la información sobre carga máxima admisible para los vehículos más comunes en el territorio nacional acorde con esta resolución:

Tipo de eje	Peso máximo por eje en KG.
Eje sencillo	
Dos llantas	6,00
Cuatro llantas	11,00
Eje tándem	
Cuatro llantas	11,00
Seis llantas	17,00
Ocho llantas	22,00
Eje trídem	
Seis llantas	6,5
Ocho llantas	19,00
Diez llantas	21,50
Doce llantas	24,00

Tabla 1, Resolución 4100 de 2004. Máximo peso por eje para los vehículos de transporte de carga

Al considerar las cargas pesadas para el diseño de pavimentos no deben tenerse en cuenta como se mencionó anteriormente a las representadas por vehículos que representen cargas menores a 5 toneladas como son motos, camperos, camionetas, automóviles, solo los que superen la condición como los buses, y camiones, (C2 en

adelante). Para medir las cargas en el área de estudio se realizó una contabilidad de vehículos como ya se había mencionado anteriormente y estos son los resultados del tramo de estudio:

Día	Automóviles	Buses	CAMIONES			TOTAL DIA
			C2P	C2G	S2	
LUNES	17	2	3	1		**23**
MARTES	12	2	2	2		**18**
MIERCOLES	13	2	3	2		**20**
JUEVES	14	2	4	1		**21**
VIERNES	16	2	4	2		**24**
SÁBADO	21	0	3	2		**26**
DOMINGO	18	0	2	1		**21**
TOTAL	**111**	**10**	**21**	**11**	**0**	**153**
PORCENTAJE	**72,55%**	**6,54%**	**13,73%**	**7,19%**	**0,00%**	**100,00%**

1.3.1.4 Caracterización vial

El tramo a intervenir tiene una longitud de:

1	**K0+805.52**
TOTAL	**805.52 m**

1.3.1.5 Zonas de influencia

El tramo se encuentra localizado en la zona rural del municipio de Combita del departamento de Boyacá

1.3.2 Análisis de resultados

1.3.2.1 volúmenes promedio

La mayor densidad de tráfico corresponde a automóviles (72.55%), La densidad más baja vehicularmente corresponde a buses (6.54%).

1.3.2.2 Tránsito promedio diario

Se debe calcular para el área de estudio el transito promedio diario anual (TPDa), partiendo del tránsito promedio diario semanal (TPDs), estimado a partir del aforo realizado, utilizando un intervalo de confianza del 90% por medio de procedimiento estadístico de la siguiente manera:

Estimar el transito total diario que aparece en la tabla 3 porque no se hicieron aforos entre las 6 P.m. y las 6 A.m., estimando la magnitud del tránsito nocturno como un 10%del total de los conteos y este se suma al total del conteo inicial realizado. Conteo de una semana:

Días	(n)	Conteo total	Total diario (Xi)
Lunes	1	**23**	26
Martes	2	**18**	20
Miércoles	3	**20**	22
Jueves	4	**21**	23
Viernes	5	**24**	27
Sábado	6	**26**	29
Domingo	7	**21**	23
	TOTAL:	**153**	**170**

Resumen resultados transito total diario. Aforos vehiculares

TPDs= $\frac{17}{7}$ = 25 vehículos/día

De donde: TPDa= TPDs $\pm$ K

Donde K= $\left(\frac{B}{\sqrt{n}}\right)\sqrt{\left(\frac{N-n}{N-1}\right)}, S$:

N= Días del año (365-366)

N= días de conteo: 7

σ = desviación estándar

Cc= Porcentaje de confiabilidad requerido= 90%

B= Valor adoptado para el coeficiente de confianza (Tchebycheff)

$$B = \sqrt{(\frac{1}{1-C})} = \sqrt{(\frac{1}{1-0,9})} = 3,16$$

Aplicando lo anterior a la zona estudiada:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(X - T)^2}{n} = \frac{5}{7} = 8.5$$

$$\sqrt{8.5} = 2.91$$

$$K = \left(\frac{3,16\ X\ 2.91}{\sqrt{7}}\right)\sqrt{\left(\frac{365-7}{365-1}\right)} = 3.45$$

Por lo tanto:

TPDa= TPDs ± K

TPDa = 25 + 3.45= 29 LIMITE SUPERIOR

TPDa = 24 - 3.45 = 21 LIMITE INFERIOR

El rango dado para el TPDa en las fórmulas anteriormente expuestas tendrá un coeficiente de confiabilidad del 90%, donde el máximo valor corresponde a un límite superior de 29 vehículos mixtos por día, siendo este valor el que ha de utilizarse para cálculos posteriores en el presente trabajo.

1.3.3 Pronostico del transporte y proyecciones.

1.3.3.1 Consideraciones básicas

Para hacer el cálculo del tránsito promedio diario futuro, se tomará el transito promedio diario semanal obtenido por los conteos anteriormente descritos equivalente a:

170/7= 25 vehículos/días discriminados así:

Automóviles= 72.55%, Buses 6.54%, Camiones C2P= 12.73%, y C2G= 7.19%.

1.3.3.2 Condiciones del tráfico

Teniendo en cuenta el manual de diseño de pavimentos rígidos para calles y carreteras de la PCA, este clasifica las vías por categorías, tomando los rangos de valores de TPD y de vehículos comerciales, dándole a cada categoría una descripción y cargas máximas que pueden soportar de acuerdo a los ejes circulantes.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN DE LA VÍA	Transito		Máximas cargas por eje, kips (TONELADAS)	
		TPD (ADT)	*TPDvc (ADTT)		
1	Calles residenciales Carreteras secundarias de transito bajo y medio	200-800	25 o menos	22 (10)	36 (16)
2	Calles colectoras Carreteras secundarias de mayor transito Vías arterias de bajo trafico	700-5000	40-1000	26 (12)	44 (20)
3	Vías arterias y carreteras primarias de trafico medio	3000-12000 (dos carriles)	500-5000+	30 (14)	52 (24)
	Vías expresas de tráfico bajo y medio	3000-50000 (4 carriles o más)			
4	Vías arterias primarias y expresas de alto trafico	3000-20000 (2 carriles)	1500-8000+	34 (16)	60 (27)
		3000-15000 (4 carriles o más)			

Fuente: Manual de diseño de pavimentos rígidos para calles y carreteras de la PCA. Categorías de carga por eje Nota: Es excluido todo vehículo de dos ejes y cuatro llantas.

1.3.3.3 Consideraciones sobre TPD (ADT) y TPDvc (ADTT)

TPD (ADT), se refiere al tránsito promedio diario en ambas direcciones, incluye todos los vehículos.

TPDvc (ADTT), se refiere al tránsito promedio diario en ambas direcciones, de automotores comerciales (vehículos con 6 o más llantas).

Estos valores TPD (ADT) y TPDvc (ADTT), utilizados para el diseño son valores promedio durante el periodo de diseño, por lo que los valores iniciales deben ser afectados por factores de proyección dependientes de la tasa anual de crecimiento de tránsito.

Tasa anual de crecimiento del tránsito %	0	1	2	3	4	5	6
Factor de proyección	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8

Tabla 5. Tasa anual de crecimiento del tránsito. Fuente: Manual de diseño de pavimentos rígidos para calles y carreteras de la PCA.

Al tomar en cuenta la información expuesta en la tabla 4 y el TPD del aforo obtenido en la zona se puede concluir que el tramo vial estudiado pertenece a la categoría **A1**, y teniendo en cuenta el manual de pavimentos rígidos en vías con bajas densidades de tráfico en el cual se especifica que el periodo de diseño para estas estructuras en este tipo de vías es de 20 Años.

Se considera que el transito actual de la vía donde se realiza este estudio es compuesto por transito existente (TE), y transito atraído (TAt).

TA = TE+TAt.

Donde el transito que se moviliza en la vía en condiciones normales de operación y sin que a la misma se le haya efectuado ningún tipo de mejoramiento ni rehabilitación (condiciones actuales), se considera el transito existente.

En tanto que el transito que utilizara la vía después de que se le hagan mejoras en las condiciones actuales, se considera como transito atraído (TAt).

Cabe anotar que a la fecha a la vía no se le han hecho mejoras significativas y el transito atraído se puede contar como 0.

1.3.3.4 Análisis de la tasa de crecimiento del parque automotor

Si se tiene en cuenta las proyecciones para la ejecución de este proyecto no durara más de un año, por eso su proyección no ha de hacerse para periodos superiores, además debe considerarse que tras la ejecución del pavimento tendrá que haber un tránsito atraído, se tendrá=

TP= Transito futuro.

Ta= Transito actual

ITE= Incremento del tránsito esperado.

TE= Transito existente

TAt= Transito atraído.

CNT= Crecimiento normal del tránsito.

TD= Transito desarrollado.

TG= Transito generado.

TF= TA+ITE

Dónde:

TA= CNT + TD + TG

Por lo tanto:

TF= TE + TAt + CNT + TD + TG

Siendo las condiciones consideradas las que se exponen a continuación:

TAt = Tex (% de condiciones locales + % de alternabilidad vial)

Condiciones locales (5%): Considerada como un crecimiento del 5% se espera que después de que se construya la estructura de pavimento en el tramo vial estudiado, el mismo habrá de convertirse en una mejor alternativa vial que lo que es actualmente y su uso a de disminuir el tiempo de viaje de los usuarios.

TE x 0,05 = 29 x 0,05 = 2 vehículos x día.

Con la información anterior se asume.

TAt = 5 + 2 = 7 vehículos x día.

TA = TE + TAt = 29 + 7 =36 vehículos x día.

Usando registros existentes de crecimiento en zonas similares se puede establecer que para el área estudiada el crecimiento vehicular esperado es del 5%.

CNT = TE x 0,05 = 29 x 0,05 = 2 vehículos x día.

Se estima que en base al desarrollo económico de la región el cual a su vez a de generar un incremento en el tránsito de la vía y las mejoras que tras construirse esta ha de tener el suelo aledaño (en términos económicos, debido a que proyectos similares demuestran que vías con especificaciones satisfactorias la tierra aledaña se desarrolla con mayor rapidez que antes de la ejecución del proyecto), un incremento en total en el transito igual al 5%, de donde se establece el transito desarrollado como:

TD = TE x 0,05 = 29 x 0,05 = 2 vehículos x día.

Tras la mejora de la vía se espera igualmente un crecimiento en los viajes efectuados ´por esta vía, siendo el transito generado (**TG**), la sumatoria de los viajes diferentes al servicio público, teniendo en cuenta primordialmente factores turísticos y recreativos. Este porcentaje varía entre el 5% y el 25%, del tránsito actual y por las condiciones de la región, el porcentaje asumido es del 20%, ya que la zona presenta un entorno natural apreciable.

TG = TE x 0,20 = 29 x 0,20 = 6 vehículos x día.

Partiendo de lo anteriormente expuesto:

ITE = CNT + TD + TG = 2 + 2 + 6 = 10 vehículos al día.

De donde el transito proyectado a un año será igual a:

TF = TA + ITE = 36 + 10

$TF_{(año\ base)}$ = 46 vehículos al día.

1.3.3.5 Calculo de volúmenes vehiculares proyectados

Luego de haber calculado el transito promedio diario que circulara en el año base o de puesta de servicio del pavimento, se calcularа entonces el volumen de tránsito para cada año de acuerdo al modelo de regresión geométrica que se expone en las siguientes tablas:

AÑO DE SERVICIO	AÑO	TPDa	Vt
0	2024	46	-
1	2025	47	17.294
2	2026	49	36.159
3	2027	50	56.708
4	2028	52	79.059
5	2029	53	103.338
6	2030	55	129.680
7	2031	57	158.227
8	2032	58	189.132
9	2033	60	222.557
10	2034	62	258.675
11	2035	64	297.670
12	2036	66	339.736
13	2037	68	385.083
14	2038	70	433.931
15	2039	72	486.515
16	2040	74	543.087
17	2041	76	603.913
18	2042	78	669.275
19	2043	81	739.475
20	2044	83	814.834
		TOTAL:	6.564.347

(*) = Transito promedio diario que circulara en el año base o de puesta en servicio del pavimento.

Volumen total del tránsito en el periodo de diseño. **Fuente:** el presente estudio.

Tasa de crecimiento i = 3%.

$$Vt = 365 \times TPDs \times \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i}\right)$$

1.4 ESTUDIO DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

1.4.1 Calculo del número de ejes equivalentes

Los factores de equivalencia propuestos se aplican para estimar el efecto producido por los diferentes tipos de ejes que circulan por la vía, que se estima como un daño generado por un eje patrón; se multiplica por los diferentes números de ejes de cargas para volverlos ejes simples de 8,2 toneladas.

Para la realización del cálculo descrito en el párrafo anterior se ha de tener en cuenta que el transito promedio diario anual que circulará en el año 2044 del proyecto será:

83 vehículos al día, además el porcentaje de camiones es del 20.92% (17), y de buses es del 6.54% (5), siendo que en el año 2044 transitaran 22 vehículos comerciales al día, con la siguiente distribución para los camiones: C_{2P}=13.73% (11), y C2G= 7.19% (6).

Para obtener entonces los factores de equivalencia de carga para cada tipo de vehículo presente en la vía estudiada en termino de ejes simples de 8,2 toneladas se calcula el número de repeticiones tal y como se aprecia en la tabla 7, multiplicando el factor de equivalencia con el TPDa.

Tipo de vehículo		Factor de equivalencia	TPDa 2044	Ejes equivalentes a 8,2 toneladas
Buses	Bus normal	1	6	6
Camiones	C2P	1.14	11	12,54
	C2G	3.41	6	20,46
Ejes equivalentes a 8,2 toneladas				**39**

Calculo de ejes equivalentes a 8,2 toneladas.

De donde se procede a calcular el número total de ejes equivalentes a 8,2 toneladas, multiplicando las repeticiones de ejes en el periodo de diseño así:

Ejes equivalentes de 8,2 toneladas = 39 ejes/ día x 365 días x 20 años.

Ejes equivalentes de 8,2 toneladas = 284700 Ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el periodo de diseño

Aproximando este valor tomamos:

Ejes equivalentes de 8,2 toneladas = 285000 Ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el periodo de diseño.

2. CONCLUSIONES

- Con el presente estudio se pudo determinar que por la vía en estudio no transitan vehículos C3 ni C4, lo cual garantiza la vida útil de las losas de concreto a construir.

- Se puede concluir con este estudio que a un futuro no transitaran por la vía en estudio vehículos mayores a C3, puesto que en los aforos se obtuvieron resultados de volúmenes bajos de camiones.

- Tránsito de diseño: 285000 ejes equivalentes de 8.2 Ton en el carril de diseño

- Estos valores corresponden al tránsito de una vía de tercer grado según las categorías de tránsito contemplado para pavimentos rígidos en el – ICPC. Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos y altos volúmenes de tránsito. Bogotá D.C., 2008. P. 12.

3. RECOMENDACIONES

1. Cumplir con especificaciones técnicas de diseño.

2. Realizar un adecuado mantenimiento rutinario para evitar que las fisuras socaven la base de sustentación de las losas en concreto.



WILMER AURELIO GUERRERO MORENO
Ingeniero Civil Esp. en infraestructura Vial
M.P. 15202-245295 BYC