



“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA”

FASE 1

SE ACLARA QUE ESTA CONSULTORIA OBEDECE AL MEJORAMIENTO DE 4 TRAMOS Y UN ÁREA TOTAL DE 16.000 M2, DE LOS CUALES SE EJECUTARA LA PRIMER FASE DE ESTE PROYECTO, LA CUAL CORRESPONDE AL MEJORAMIENTO DE 2 TRAMOS CON UN AREA TOTAL DE 8.786,41 M2 Y UNA LONGITUD TOTAL DE 1104 Mt.

TRAMOS	INICIO		FIN		ABSCISAS		AREA M2	LONG. ML
	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	INICIO	FIN		
TRAMO 1	3.8561	-74.936859	3.857374	-74.932113	K0+000	K0+552	3,993.96	552
TRAMO 2	3.8561	-74.936859	3.857374	-74.932113	K0+000	K0+552	4,792.45	552
							8,786.41	1104



ALCALDIA DE PURIFICACIÓN

CONTRATO DE CONSULTORIA No. 349 DEL 29 DE OCTUBRE DE 2024

**“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL
MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA”**

ESTUDIO DE TRANSITO.

**PURIFICACIÓN-TOLIMA
2024**

1. INTRODUCCIÓN.

El siguiente escrito contiene datos e información para la determinación de un estudio de tránsito para el proyecto “ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA.” el cual se realizará en la red vial urbana del municipio en cuestión.



2. ALCANCE

El siguiente informe establece el estudio de tránsito para el proyecto “ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA” el cual se realizará en la red vial urbana del municipio en cuestión.

Por tal motivo se desarrollaron diversas actividades para la recopilación y procesamiento de datos de campo, de igual manera se presentarán los siguientes puntos:

- Metodología utilizada para el estudio.
- Conteos desarrollados.
- Formulas o modelos empleados para la estimación del crecimiento del tránsito normal.
- Criterios empleados para estimar el tráfico generado y atraído.
- Adicionalmente se determinará cualitativamente la capacidad y el nivel de servicio de la vía frente a las condiciones propuestas.



3. OBJETIVOS.

3.1 OBJETIVO GENERAL DEL ESTUDIO Y DISEÑO.

Diseño de tránsito utilizando las variables iniciales procedentes de los estudios previos al diseño.



4. DESCRIPCION DEL ESTUDIO Y DISEÑO

4.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto se encuentra localizado en la vía Hospital la Candelaria – Plaza Roja y la vía Hospital la Candelaria – Rejeros en el municipio de purificación en el sur del Departamento del Tolima.

El área total del proyecto es de 16.500 metros cuadrados. Esta vía presenta serias deficiencias en su estructura debido a que no se han hecho mantenimientos de fondo como lo son las rehabilitaciones de pavimentos o la construcción de la totalidad de la estructura.

Además de todo esto, cabe destacar que esta avenida no posee en su totalidad con los andenes y sardineles correspondientes y básicos para poder proteger la infraestructura vial que se requiere en el sector.

4.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA.

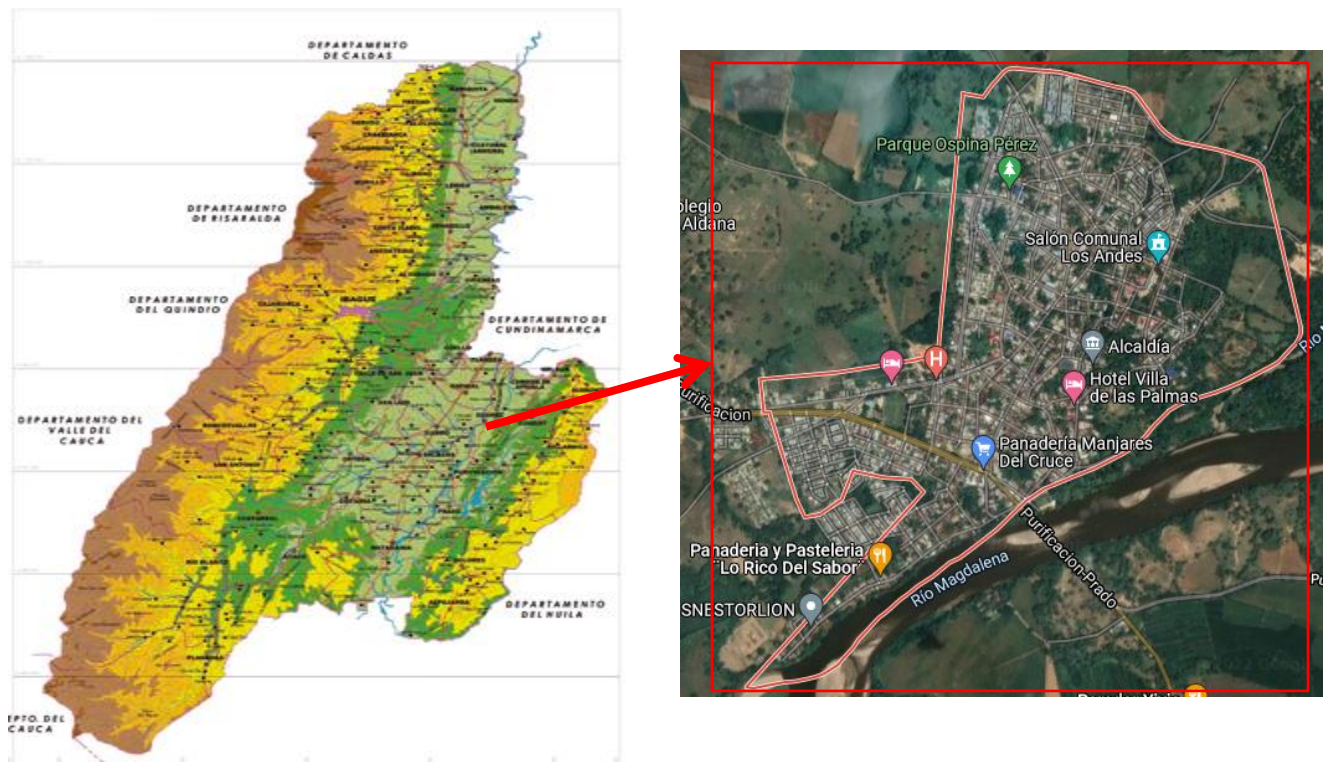
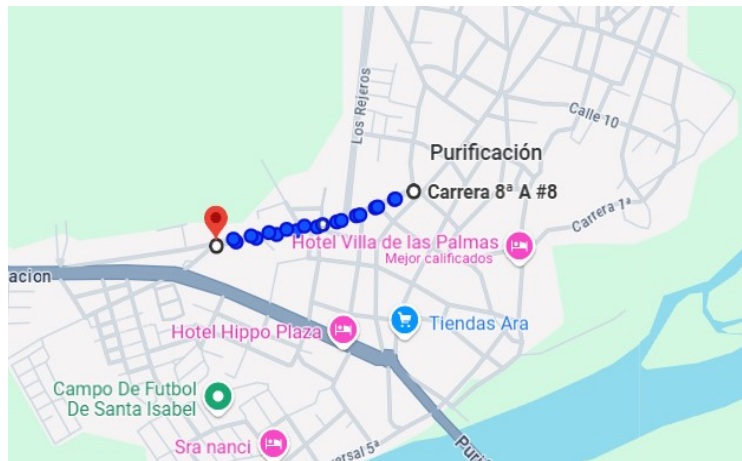
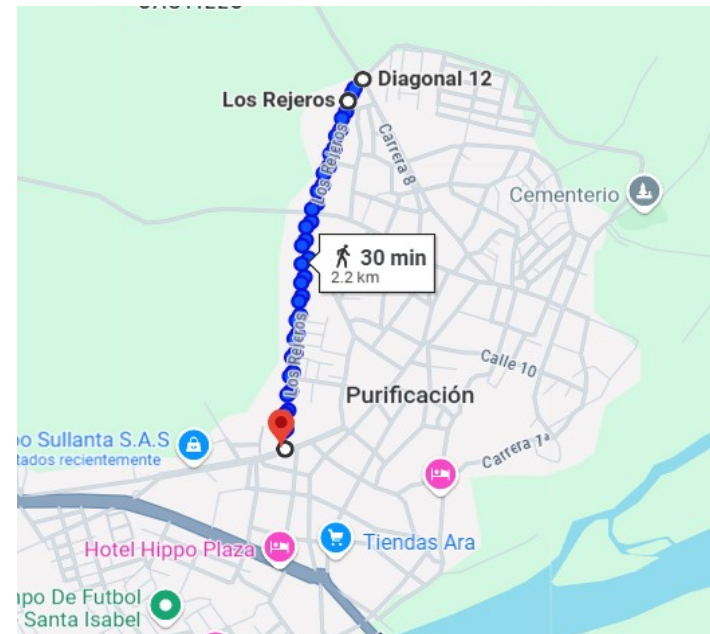


Ilustración 1 - Ubicación geográfica del municipio de Purificación.



TRAMO 1



TRAMO 2



5. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO (AREA A INTERVENIR – CARACTERISTICAS DE LA VIA).

El alineamiento general de algunas vías existentes tanto horizontal como vertical está formado por una estructura existente de pavimento tipo flexible en mal estado la cual carece de estructura en material granular que la pueda soportar y pavimento rígido en otras vías del sector.

Las vías son urbanas; en su mayoría poseen tramos rectos, presentan pocas curvaturas y su pendiente longitudinal promedio es alrededor del 0,7%.

Según La normatividad INVIAS, la tipificación de este tramo vehicular se puede clasificar como vía con una velocidad de diseño de 30 km/hora debido a que es una vía de carácter urbano.

Para el caso de la via Hospital la Candelaria – Plaza Roja y la via Hospital la Candelaria – Rejeros en el municipio de purificación en el departamento del Tolima presenta un flujo vehicular moderado con un trafico pesado importante debido a que la vía no presenta las condiciones necesarias de transitabilidad y seguridad necesaria.

5.1 NORMATIVIDAD DE LAS ACTIVIDADES Y PARAMETROS DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PRELIMINARES.

Se recomienda implementar como mínimo las normas y especificaciones INVIAS que sean necesarias y recomendables según el tipo de labores ejecutadas e intervención.

- **CARACTERISTICAS DE LA VÍA.**

Las características de una vía son todos aquellos elementos físicos propios del diseño geométrico, que tienen influencia directa o indirecta en la capacidad y el nivel de servicio, como los que se mencionan a continuación:

Carretera típica de terreno plano.

Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros.

Para el caso particular de la vía referida anteriormente perteneciente al casco urbano del municipio de Purificación en el departamento del Tolima, esta vía tiene pendientes transversales mínimas y su pendiente longitudinal es del uno coma ocho por ciento (0,7%).



Velocidad de diseño.

La velocidad de diseño es un valor o dato usado para determinar las características geométricas durante algún proyecto de tipo ingenieril. Contrariamente a la concepción general, la velocidad de diseño no es necesariamente la máxima velocidad segura recomendada para una vía en cuestión, sino que puede ser sustancialmente menor.

La velocidad de diseño a su vez está asociada o ligada a los diversos tipos de terrenos y los diferentes tipos de carreteras.

En la tabla 1.1 podemos apreciar las diversas velocidades de diseño según el tipo de terreno y el tipo de carretera.

Tabla 1 - Tipos de terreno

Tipo de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño Vd (km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera principal de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera principal de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera terciaria	Plano →										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos con bajos volúmenes de tránsito – INVIAS.

Alineamientos de la vía proyectada.

Tanto el alineamiento vertical como el alineamiento horizontal deben ser consistentes y balanceados de forma tal que los parámetros del primero correspondan y sean congruentes con los del alineamiento horizontal. Lo primordial en este caso es la obtención de rasantes largas con un ajuste óptimo de curvas verticales y curvas horizontales a las condiciones de tránsito y a las características del terreno.

Alineamientos de la vía proyectada.

La pendiente que gobernará es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea de subrasante para vencer el desnivel determinado en función de las características del tránsito y la configuración del terreno; la mejor pendiente para cada caso será aquella que al conjugar dichos conceptos permita obtener el menor costo de construcción, conservación



y operación. Sirve de guía a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

En la tabla 1.2 la cual es tomada del manual de diseño geométrico para carreteras se tiene la relación entre pendiente máxima (%) y velocidad de diseño.

Tabla 2 - Relación entre pendiente máxima (%) y la velocidad de diseño.

Tipo de Carretera	Tipo de Terreno	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera Principal de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	4	3	3	3
	Ondulado	-	-	-	-	-	5	5	4	4	4
	Montañoso	-	-	-	-	-	6	6	5	5	5
	Escarpado	-	-	-	-	-	7	6	6	6	-
Carretera Principal de una calzada	Plano	-	-	-	-	5	4	4	3	-	-
	Ondulado	-	-	-	6	6	5	5	4	-	-
	Montañoso	-	-	-	8	7	7	6	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	8	8	7	-	-	-	-
Carretera Secundaria	Plano	-	-	7	7	7	6	-	-	-	-
	Ondulado	-	11	10	10	9	8	-	-	-	-
	Montañoso	-	12	11	11	10	-	-	-	-	-
	Escarpado	15	14	13	12	-	-	-	-	-	-
Carretera Terciaria	Plano	-	7	7	7	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	11	11	10	10	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	14	13	13	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	16	15	14	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de Diseño Geométrico para carreteras – INVIAS.

Ancho de calzada.

La calzada es la parte de la corona destinada a la circulación de vehículos y constituida por dos o más carriles, entendiéndose por carril a la faja del ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos. Normalmente el ancho de la calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal. Estos anchos se ven en la siguiente tabla.

Tabla 3 - Relación entre pendiente máxima (%) y la velocidad de diseño.

Tipo de Carretera	Tipo de Terreno	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera Principal de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
Carretera Principal de una calzada	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Montañoso	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
Carretera Secundaria	Plano	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-	-
	Ondulado	-	7.00	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-	-
	Montañoso	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-	-
Carretera Terciaria	Plano	-	5.00	6.00	6.60	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	5.00	5.00	6.00	6.60	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	5.00	5.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	5.00	5.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de Diseño Geométrico para carreteras – INVIAS.



6. ESTUDIO DE TRÁNSITO

PROYECTO “ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN-TOLIMA

6.1 GENERALIDADES

Se pretende realizar el mejoramiento y rehabilitación de la vía Hospital la Candelaria – Plaza Roja y la vía Hospital la Candelaria – Rejeros en el municipio de purificación en el Departamento del Tolima.

El presente numeral tiene por objeto evaluar el comportamiento del tránsito actual determinando además el número de ejes equivalente de 8.2 Ton como insumo para el análisis del tránsito. Además de esto determinar cuál es el comportamiento del flujo vehicular en la zona.

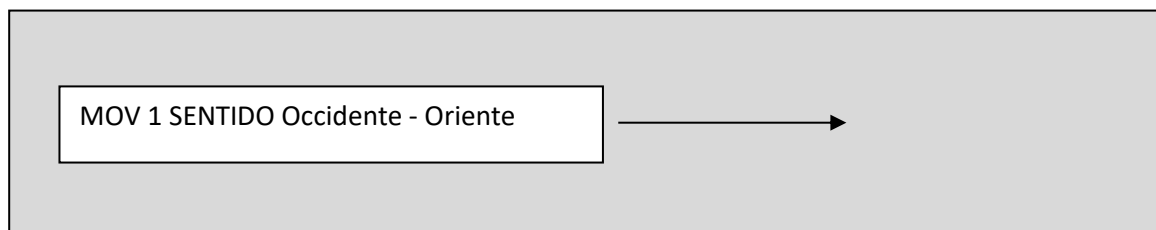
6.2 AFOROS VEHICULARES

A continuación, se presenta un resumen de los aforos vehiculares desarrollados considerando las principales variables encontradas en el proyecto.

Dentro de las variables relevantes del proyecto está el tránsito atraído que se pueda presentar de la vía.

Para el presente proyecto se realizó el conteo vehicular en la vía Hospital la Candelaria – Plaza Roja y la vía Hospital la Candelaria – Rejeros en el municipio de purificación en el departamento del Tolima sentido Occidente - oriente.

Ilustración 6 - Sentido vehicular aforado



A continuación, se presentan las tablas resúmenes de los datos obtenidos de los diferentes conteos desarrollados en la vía, considerando que el tránsito presentado juega un papel importante desde las 6:00 am hasta las 6:00 pm durante cinco días del mes de octubre del año 2024; Solamente se tuvo en cuenta un solo movimiento lo cual se resume en las tablas de las páginas siguientes.



En el lugar se encontró un nivel de tránsito importante y se recopiló información en periodos de 15 minutos desde las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde, de tal forma que permita determinar las tendencias de concentración del flujo vehicular y la categorización de los vehículos.

El consolidado total por días es el siguiente:

Tabla 4 - Consolidado de los vehículos aforados

DATOS DEL CONTEO - CONSOLIDADO POR DIAS								
FECHA	DIA	AUTOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)				
7-oct	MARTES	49	24	5	27	29	17	2
8-oct	MIÉRCOLES	47	22	3	23	22	8	1
9-oct	JUEVES	51	25	8	18	19	4	1
10-oct	VIERNES	47	23	11	16	10	1	1
11-oct	SABADO	57	30	12	23	1	4	1
TOTAL	TOTAL	251	124	39	107	81	34	6

El total de los vehículos aforados durante los 5 días de trabajo de campo con sus respectivos porcentajes de Autos, Buses y Camiones es el siguiente:

Tabla 5 - Total de los vehículos

TOTAL VEHICULOS	642	100%
AUTOS	251	39,10%
BUSES	124	19,31%
CAMIONES	267	41,59%

A continuación, se presentan las tablas resúmenes de los datos obtenidos de los diferentes conteos desarrollados en la vía, considerando que el tránsito presentado juega un papel importante desde las 6:00 am hasta las 6:00 pm durante cinco días; Solamente se tuvo en cuenta un solo movimiento lo cual se resume en las tablas de las páginas siguientes.



Tabla 6 - Aforo día 1

TABLA:		1						
CIUDAD:		PURIFICACION					CLIMA	SOLEADO
FECHA:		7/10/2024					DIA:	MARTES
SITIO DE AFORO:		CARRERA 9 - PURIFICACION TOLIMA					DIA NUMERO:	1
HORA		AUTOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)				
				C2 P	C2 G	C3 Y C4	C5	> C6
6:00	6:15	2	0	0	0	0	0	0
6:15	6:30	0	0	0	2	2	1	0
6:30	6:45	2	0	1	0	2	1	0
6:45	7:00	0	2	0	1	1	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	1	3	5	2	0
7:00	7:15	2	0	0	0	1	0	0
7:15	7:30	0	0	1	2	2	1	1
7:30	7:45	2	0	0	1	1	1	0
7:45	8:00	0	2	0	0	1	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	1	3	5	2	1
8:00	8:15	2	0	0	0	1	0	0
8:15	8:30	1	0	1	2	1	1	0
8:30	8:45	1	0	1	1	1	1	0
8:45	9:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	2	3	3	2	0
9:00	9:15	2	0	0	0	0	0	0
9:15	9:30	3	0	1	2	1	0	0
9:30	9:45	0	0	0	0	0	0	1
9:45	10:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	2	1	2	1	0	1
10:00	10:15	2	0	0	0	1	0	0
10:15	10:30	0	0	0	2	0	1	0
10:30	10:45	0	0	0	0	0	0	0
10:45	11:00	2	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	0	2	1	1	0
11:00	11:15	2	0	0	0	1	0	0
11:15	11:30	0	0	0	2	0	2	0
11:30	11:45	2	0	0	0	0	0	0
11:45	12:00	0	2	0	0	1	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	0	2	2	2	0
12:00	12:15	2	0	0	0	0	0	0
12:15	12:30	0	0	0	2	1	0	0
12:30	12:45	2	0	0	0	2	0	0
12:45	13:00	0	2	0	0	1	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	0	2	4	0	0
13:00	13:15	2	0	0	0	1	0	0
13:15	13:30	0	0	0	2	0	2	0
13:30	13:45	2	0	0	0	1	0	0
13:45	14:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	0	2	2	2	0
14:00	14:15	2	0	0	0	1	0	0
14:15	14:30	0	0	0	2	0	2	0
14:30	14:45	2	0	0	0	0	0	0
14:45	15:00	0	2	0	0	1	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	0	2	2	2	0
15:00	15:15	2	0	0	0	0	0	0
15:15	15:30	0	0	0	2	0	2	0
15:30	15:45	2	0	0	0	1	0	0
15:45	16:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	0	2	1	2	0
16:00	16:15	2	0	0	0	1	0	0
16:15	16:30	0	0	0	2	0	2	0
16:30	16:45	2	0	0	0	0	0	0
16:45	17:00	0	2	0	0	1	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	0	2	2	2	0
17:00	17:15	2	0	0	0	0	0	0
17:15	17:30	0	0	0	2	0	0	0
17:30	17:45	2	0	0	0	1	0	0
17:45	18:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	0	2	1	0	0
TOTAL DIA		49	24	5	27	29	17	2



Tabla 7 - Aforo día 2

TABLA:	2							
CIUDAD:	PURIFICACION					CLIMA	SOLEADO	
FECHA:	8/10/2024					DIA:	MIERCOLES	
SITIO DE AFORO:	CARRERA 9 - PURIFICACION TOLIMA					DIA NUMERO:	2	
HORA		AUTOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)				
				C2 P	C2 G	C3 Y C4	C5	> C6
6:00	6:15	2	0	0	0	0	0	0
6:15	6:30	0	0	0	2	1	0	0
6:30	6:45	1	0	0	0	1	0	0
6:45	7:00	0	2	1	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		3	2	1	2	2	0	0
7:00	7:15	2	0	0	1	0	0	0
7:15	7:30	1	0	0	2	0	1	0
7:30	7:45	2	0	0	0	1	0	0
7:45	8:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	2	0	3	1	1	0
8:00	8:15	1	0	0	0	1	0	0
8:15	8:30	1	0	0	2	1	1	0
8:30	8:45	1	0	1	0	0	1	0
8:45	9:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		3	2	1	2	2	2	0
9:00	9:15	2	0	0	1	0	0	0
9:15	9:30	3	0	1	2	0	0	0
9:30	9:45	1	0	0	0	0	0	1
9:45	10:00	0	2	0	0	1	0	0
SUMATORIA HORA		6	2	1	3	1	0	1
10:00	10:15	2	0	0	0	0	0	0
10:15	10:30	0	0	0	2	2	0	0
10:30	10:45	0	0	0	0	0	1	0
10:45	11:00	1	2	0	0	1	0	0
SUMATORIA HORA		3	2	0	2	3	1	0
11:00	11:15	2	0	0	0	0	0	0
11:15	11:30	0	0	0	2	1	0	0
11:30	11:45	1	1	0	0	2	0	0
11:45	12:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		3	3	0	2	3	0	0
12:00	12:15	2	0	0	0	0	0	0
12:15	12:30	0	0	0	2	1	0	0
12:30	12:45	2	0	0	0	0	1	0
12:45	13:00	0	1	0	0	2	0	0
SUMATORIA HORA		4	1	0	2	3	1	0
13:00	13:15	2	0	0	0	1	0	0
13:15	13:30	0	0	0	2	2	0	0
13:30	13:45	2	0	0	0	0	0	0
13:45	14:00	0	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	1	0	2	3	0	0
14:00	14:15	2	0	0	0	1	0	0
14:15	14:30	0	0	0	2	0	0	0
14:30	14:45	2	0	0	0	0	0	0
14:45	15:00	0	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	1	0	2	1	0	0
15:00	15:15	2	0	0	0	1	0	0
15:15	15:30	0	0	0	0	0	1	0
15:30	15:45	2	0	0	0	0	0	0
15:45	16:00	0	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	1	0	0	1	1	0
16:00	16:15	2	0	0	0	2	0	0
16:15	16:30	0	0	0	1	0	1	0
16:30	16:45	2	1	0	0	0	0	0
16:45	17:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	3	0	1	2	1	0
17:00	17:15	2	0	0	0	0	0	0
17:15	17:30	0	0	0	2	0	0	0
17:30	17:45	2	0	0	0	0	1	0
17:45	18:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	0	2	0	1	0
TOTAL DIA		47	22	3	23	22	8	1



Tabla 8 - Aforo día 3

TABLA:		3						
CIUDAD:		PURIFICACION					CLIMA	SOLEADO
FECHA		9/10/2024					DIA:	JUEVES
SITIO DE AFORO:		CARRERA 9 - PURIFICACION TOLIMA					DIA NUMERO:	3
HORA		AUTOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)				
				C2 P	C2 G	C3 Y C4	C5	> C6
6:00	6:15	2	0	0	0	0	0	0
6:15	6:30	0	0	1	2	1	0	0
6:30	6:45	1	0	0	1	0	1	0
6:45	7:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		3	2	1	3	1	1	0
7:00	7:15	2	0	0	0	0	0	0
7:15	7:30	1	0	0	1	0	0	0
7:30	7:45	2	0	1	0	1	1	0
7:45	8:00	0	2	0	0	1	0	0
SUMATORIA HORA		5	2	1	1	2	1	0
8:00	8:15	1	0	0	1	0	0	0
8:15	8:30	1	0	1	1	0	1	0
8:30	8:45	1	0	1	0	0	0	0
8:45	9:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		3	2	2	2	1	1	0
9:00	9:15	2	0	0	0	0	0	0
9:15	9:30	3	0	1	1	1	0	0
9:30	9:45	1	0	0	0	1	1	1
9:45	10:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		6	2	1	1	2	1	1
10:00	10:15	2	0	0	0	0	0	0
10:15	10:30	0	0	0	0	2	0	0
10:30	10:45	0	0	0	0	1	0	0
10:45	11:00	1	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		3	2	0	0	3	0	0
11:00	11:15	2	0	0	0	0	0	0
11:15	11:30	0	1	0	2	2	0	0
11:30	11:45	1	1	0	0	0	0	0
11:45	12:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		3	4	0	2	2	0	0
12:00	12:15	2	0	0	0	0	0	0
12:15	12:30	1	0	1	2	1	0	0
12:30	12:45	2	1	0	0	0	0	0
12:45	13:00	0	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	2	1	2	1	0	0
13:00	13:15	2	0	1	0	0	0	0
13:15	13:30	0	1	0	2	0	0	0
13:30	13:45	2	0	0	0	1	0	0
13:45	14:00	0	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	1	2	1	0	0
14:00	14:15	2	0	1	0	0	0	0
14:15	14:30	0	0	0	2	1	0	0
14:30	14:45	2	0	0	0	0	0	0
14:45	15:00	1	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	1	1	2	1	0	0
15:00	15:15	2	0	0	0	1	0	0
15:15	15:30	0	0	0	0	0	0	0
15:30	15:45	2	0	0	0	1	0	0
15:45	16:00	0	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	1	0	0	2	0	0
16:00	16:15	2	0	0	0	1	0	0
16:15	16:30	1	0	0	1	0	0	0
16:30	16:45	2	1	0	0	0	0	0
16:45	17:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	3	0	1	1	0	0
17:00	17:15	2	0	0	0	1	0	0
17:15	17:30	0	0	0	2	1	0	0
17:30	17:45	2	0	0	0	0	0	0
17:45	18:00	1	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	2	0	2	2	0	0
TOTAL DIA		51	25	8	18	19	4	1



Tabla 9 - Aforo día 4

TABLA:	4							
CIUDAD:	PURIFICACION					CLIMA	SOLEADO	
FECHA	10/10/2024					DIA:	VIERNES	
SITIO DE AFORO:	CARRERA 9 - PURIFICACION TOLIMA					DIA NUMERO:	4	
HORA		AUTOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)				
				C2 P	C2 G	C3 Y C4	C5	> C6
6:00	6:15	1	0	0	0	0	0	0
6:15	6:30	0	0	1	2	0	0	0
6:30	6:45	1	0	0	0	0	0	0
6:45	7:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		2	2	1	2	0	0	0
7:00	7:15	1	0	1	0	1	0	0
7:15	7:30	1	0	0	1	2	0	0
7:30	7:45	2	0	0	0	0	0	0
7:45	8:00	0	2	0	0	1	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	1	1	4	0	0
8:00	8:15	1	0	1	0	0	0	0
8:15	8:30	1	0	0	1	0	1	0
8:30	8:45	1	0	1	0	0	0	0
8:45	9:00	0	2	0	0	1	0	0
SUMATORIA HORA		3	2	2	1	1	1	0
9:00	9:15	2	0	0	0	0	0	0
9:15	9:30	1	0	1	1	0	0	0
9:30	9:45	1	0	1	0	0	0	1
9:45	10:00	0	2	0	0	2	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	2	1	2	0	1
10:00	10:15	2	0	0	0	0	0	0
10:15	10:30	0	0	1	1	0	0	0
10:30	10:45	0	0	0	0	0	0	0
10:45	11:00	1	2	0	0	1	0	0
SUMATORIA HORA		3	2	1	1	1	0	0
11:00	11:15	2	0	1	1	2	0	0
11:15	11:30	0	1	0	1	0	0	0
11:30	11:45	1	1	0	0	0	0	0
11:45	12:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		3	4	1	2	2	0	0
12:00	12:15	2	0	0	0	0	0	0
12:15	12:30	1	0	1	2	0	0	0
12:30	12:45	2	1	0	0	0	0	0
12:45	13:00	0	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	2	1	2	0	0	0
13:00	13:15	2	0	1	0	0	0	0
13:15	13:30	0	0	0	2	0	0	0
13:30	13:45	2	0	0	0	0	0	0
13:45	14:00	0	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	1	1	2	0	0	0
14:00	14:15	2	0	1	0	0	0	0
14:15	14:30	0	0	0	1	0	0	0
14:30	14:45	2	0	0	0	0	0	0
14:45	15:00	1	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	1	1	1	0	0	0
15:00	15:15	2	0	0	0	0	0	0
15:15	15:30	0	0	0	0	0	0	0
15:30	15:45	2	0	0	0	0	0	0
15:45	16:00	0	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	1	0	0	0	0	0
16:00	16:15	2	0	0	0	0	0	0
16:15	16:30	1	0	0	1	0	0	0
16:30	16:45	2	1	0	0	0	0	0
16:45	17:00	0	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	2	0	1	0	0	0
17:00	17:15	2	0	0	0	0	0	0
17:15	17:30	0	0	0	2	0	0	0
17:30	17:45	2	0	0	0	0	0	0
17:45	18:00	1	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	2	0	2	0	0	0
TOTAL DIA		47	23	11	16	10	1	1



Tabla 10 - Aforo día 5

TABLA:	5							
CIUDAD:	PURIFICACION					CLIMA	SOLEADO	
FECHA	11/10/2024					DÍA:	SABADO	
SITIO DE AFORO:	CARRERA 9 - PURIFICACION TOLIMA					DÍA NUMERO:	5	
HORA		AUTOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)				
				C2 P	C2 G	C3 Y C4	C5	> C6
6:00	6:15	1	0	0	0	0	0	0
6:15	6:30	1	0	1	2	0	1	0
6:30	6:45	1	1	0	1	0	0	0
6:45	7:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		3	3	1	3	0	1	0
7:00	7:15	1	0	0	1	0	0	0
7:15	7:30	1	0	1	1	0	1	0
7:30	7:45	1	0	0	0	0	0	0
7:45	8:00	1	2	0	2	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	1	4	0	1	0
8:00	8:15	1	0	0	1	0	0	0
8:15	8:30	1	0	1	1	1	1	0
8:30	8:45	1	0	1	1	0	0	0
8:45	9:00	1	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	2	3	1	1	0
9:00	9:15	2	0	0	1	0	0	0
9:15	9:30	1	0	1	1	0	1	0
9:30	9:45	1	0	0	0	0	0	1
9:45	10:00	1	2	1	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	2	2	2	0	1	1
10:00	10:15	2	0	0	0	0	0	0
10:15	10:30	0	0	0	1	0	0	0
10:30	10:45	1	0	1	0	0	0	0
10:45	11:00	1	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	2	1	1	0	0	0
11:00	11:15	2	0	0	0	0	0	0
11:15	11:30	1	1	0	1	0	0	0
11:30	11:45	1	1	0	1	0	0	0
11:45	12:00	0	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		4	4	0	2	0	0	0
12:00	12:15	2	0	0	0	0	0	0
12:15	12:30	1	1	1	2	0	0	0
12:30	12:45	2	1	0	0	0	0	0
12:45	13:00	2	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		7	3	1	2	0	0	0
13:00	13:15	2	0	1	0	0	0	0
13:15	13:30	0	1	0	2	0	0	0
13:30	13:45	2	0	0	0	0	0	0
13:45	14:00	1	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	2	1	2	0	0	0
14:00	14:15	2	0	1	0	0	0	0
14:15	14:30	1	0	0	1	0	0	0
14:30	14:45	2	1	0	0	0	0	0
14:45	15:00	1	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		6	2	1	1	0	0	0
15:00	15:15	2	0	0	0	0	0	0
15:15	15:30	1	0	0	0	0	0	0
15:30	15:45	2	1	0	0	0	0	0
15:45	16:00	0	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	2	0	0	0	0	0
16:00	16:15	2	0	0	0	0	0	0
16:15	16:30	1	1	1	1	0	0	0
16:30	16:45	2	1	0	0	0	0	0
16:45	17:00	0	1	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	3	1	1	0	0	0
17:00	17:15	2	0	1	0	0	0	0
17:15	17:30	0	0	0	2	0	0	0
17:30	17:45	2	1	0	0	0	0	0
17:45	18:00	1	2	0	0	0	0	0
SUMATORIA HORA		5	3	1	2	0	0	0
TOTAL DIA		57	30	12	23	1	4	1



El consolidado en intervalos de 15 minutos de todo el aforo es el siguiente:

Tabla 11 - Consolidado total cada 15 minutos de todos los días

DATOS DEL CONTEO - CONSOLIDADO TOTAL CADA 15 MINUTOS								
HORA		AUTOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)				
				C2 P	C2 G	C3 Y C4	C5	> C5
6:00	6:15	8	0	0	0	0	0	0
6:15	6:30	1	0	3	10	4	2	0
6:30	6:45	6	1	1	2	3	2	0
6:45	7:00	0	10	1	1	1	0	0
7:00	7:15	8	0	1	2	2	0	0
7:15	7:30	4	0	2	7	4	3	1
7:30	7:45	9	0	1	1	3	2	0
7:45	8:00	1	10	0	2	3	0	0
8:00	8:15	6	0	1	2	2	0	0
8:15	8:30	5	0	3	7	3	5	0
8:30	8:45	5	0	5	2	1	2	0
8:45	9:00	1	10	0	0	1	0	0
9:00	9:15	10	0	0	2	0	0	0
9:15	9:30	11	0	5	7	2	1	0
9:30	9:45	4	0	1	0	1	1	5
9:45	10:00	1	10	1	0	3	0	0
10:00	10:15	10	0	0	0	1	0	0
10:15	10:30	0	0	1	6	4	1	0
10:30	10:45	1	0	1	0	1	1	0
10:45	11:00	6	10	0	0	2	0	0
11:00	11:15	10	0	1	1	3	0	0
11:15	11:30	1	3	0	8	3	2	0
11:30	11:45	6	4	0	1	2	0	0
11:45	12:00	0	10	0	0	1	0	0
12:00	12:15	10	0	0	0	0	0	0
12:15	12:30	3	1	3	10	3	0	0
12:30	12:45	10	3	0	0	2	1	0
12:45	13:00	2	6	0	0	3	0	0
13:00	13:15	10	0	3	0	2	0	0
13:15	13:30	0	2	0	10	2	2	0
13:30	13:45	10	0	0	0	2	0	0
13:45	14:00	1	6	0	0	0	0	0
14:00	14:15	10	0	3	0	2	0	0
14:15	14:30	1	0	0	8	1	2	0
14:30	14:45	10	1	0	0	0	0	0
14:45	15:00	3	6	0	0	1	0	0
15:00	15:15	10	0	0	0	2	0	0
15:15	15:30	1	0	0	2	0	3	0
15:30	15:45	10	1	0	0	2	0	0
15:45	16:00	0	6	0	0	0	0	0
16:00	16:15	10	0	0	0	4	0	0
16:15	16:30	3	1	1	6	0	3	0
16:30	16:45	10	4	0	0	0	0	0
16:45	17:00	0	8	0	0	1	0	0
17:00	17:15	10	0	1	0	1	0	0
17:15	17:30	0	0	0	10	1	0	0
17:30	17:45	10	1	0	0	1	1	0
17:45	18:00	3	10	0	0	0	0	0
VALORES TOTALES		251	124	39	107	80	34	6
RESUMEN DATOS								
TOTAL VEHICULOS		641	100%					
AUTOS		251	39,16%					
BUSES		124	19,34%					
CAMIONES		266	41,50%					



Como se puede apreciar en los cálculos realizados, la variación de los porcentajes de los Buses y Camiones con respecto a los autos varia ostensiblemente en los días pertenecientes al fin de semana; sin embargo, el comportamiento del tránsito es normalizado los días laborales normales (martes a sábado).

En las Sigüientes graficas Se presenta la distribución de vehículos mixtos por cada hora y por día además del acumulado total de todos los días de estudio, a estas distribuciones se les llama comúnmente como histograma de datos. El color AZUL representa al número TOTAL DE AUTOS POR HORA, el color NARANJA representa al número TOTAL DE BUSES POR HORA y el color VERDE representa al número TOTAL DE CAMIONES POR HORA.

	AUTOS
	BUSES
	CAMIONES

Ilustración 7 - Histograma de toda la semana

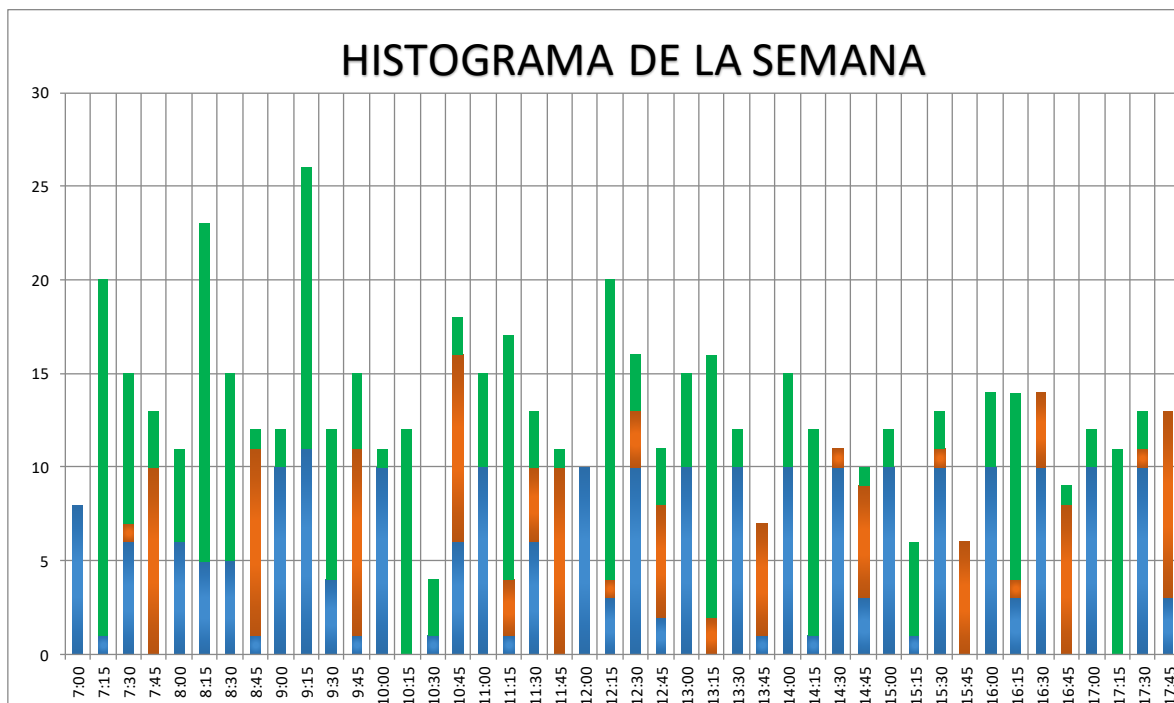




Ilustración 8 - Histograma del día martes

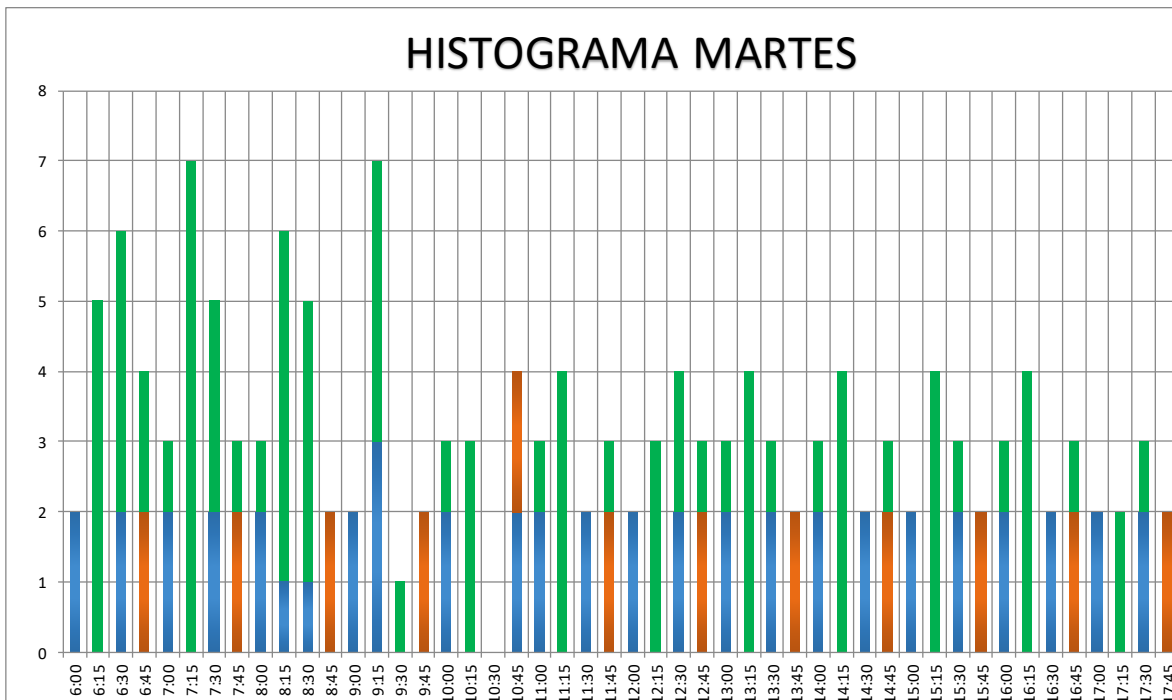


Ilustración 9 - Histograma del día miércoles

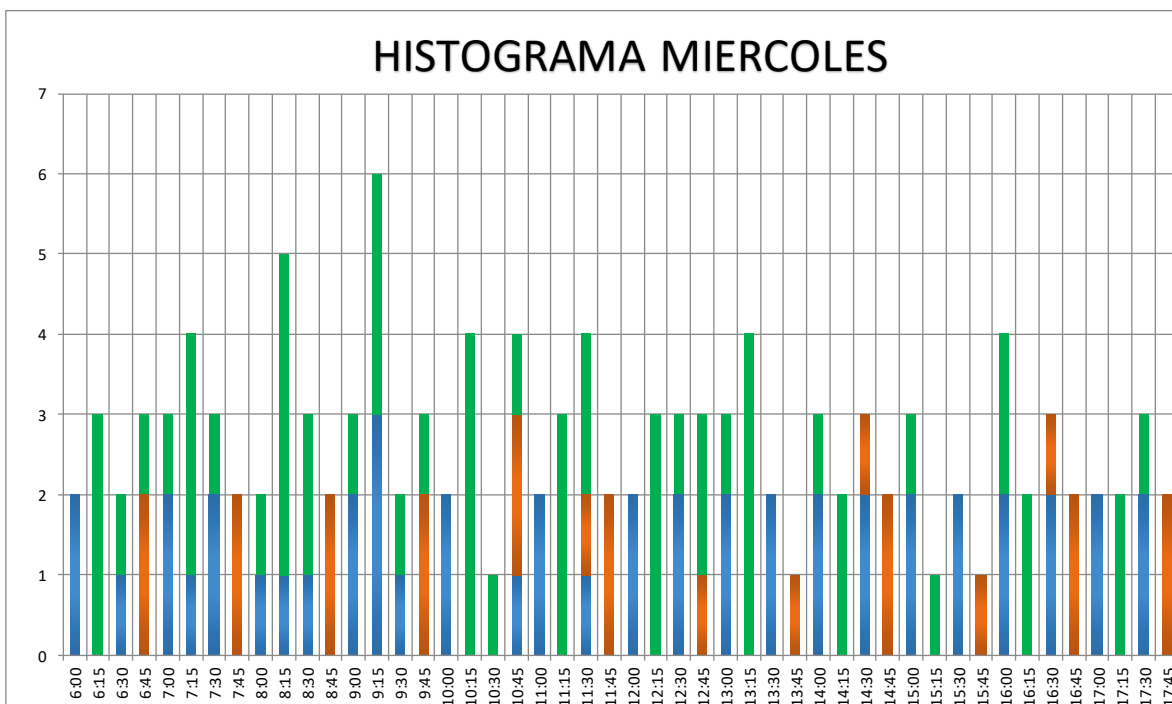




Ilustración 10 - Histograma del día jueves

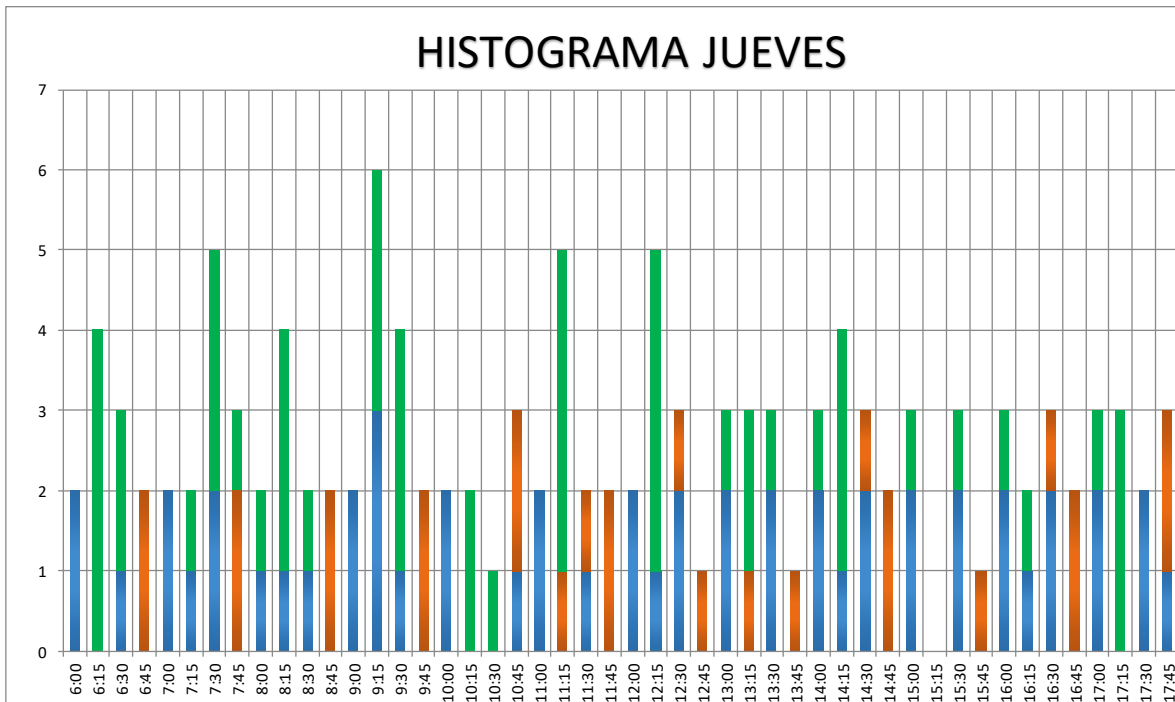


Ilustración 11 - Histograma del día viernes

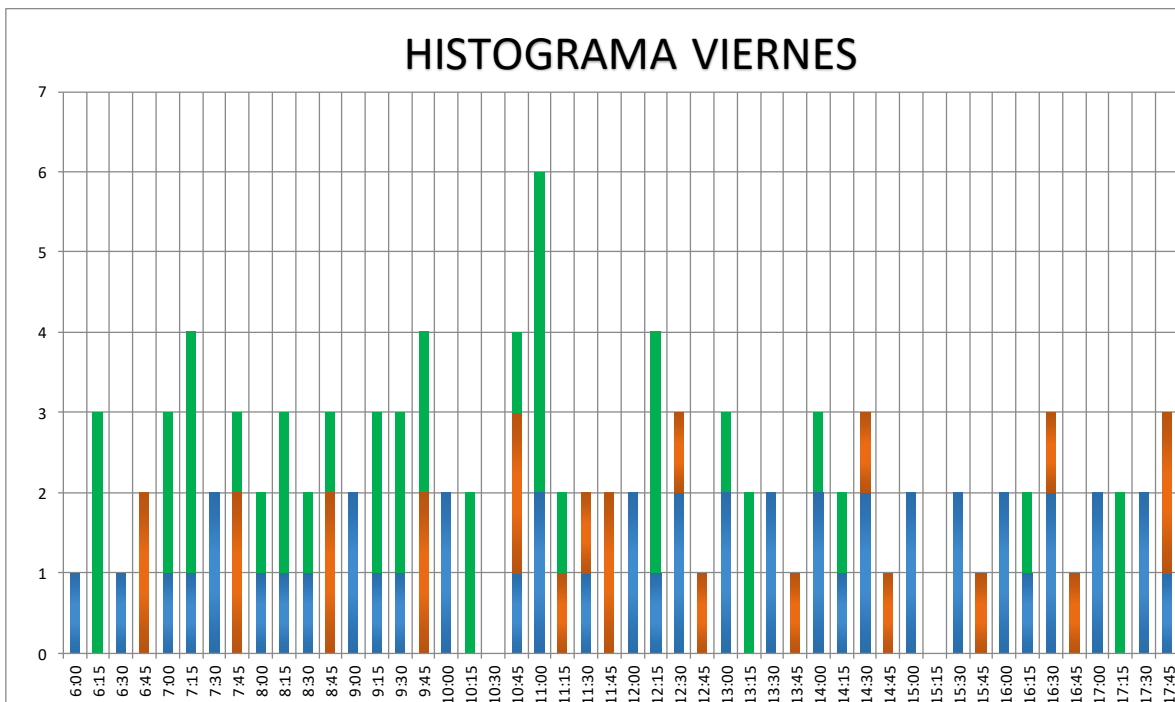
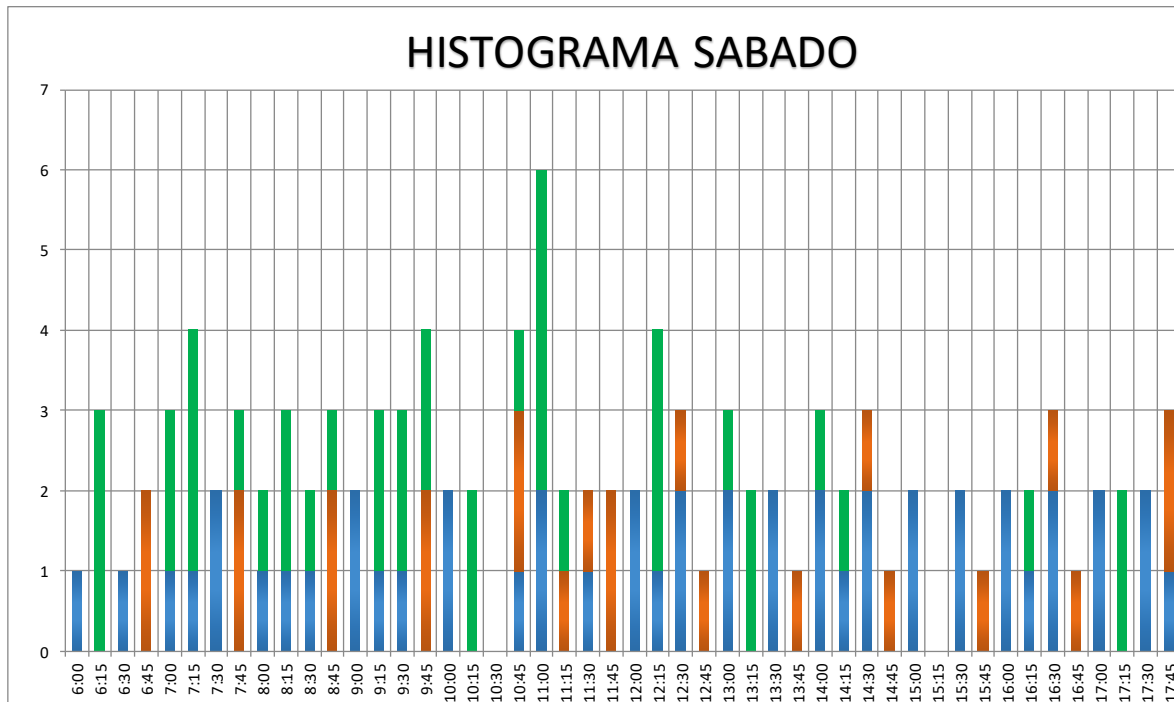




Ilustración 12 - Histograma del día Sabado



7.3 CALCULO DEL TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

Según se define en los boletines anuales sobre volúmenes de tránsito publicados por el INVÍAS, el tránsito promedio diario es el número total de vehículos que pasan durante un período dado, en días completos, igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período. Los boletines del INVÍAS presentan información referente a tres tipos de tránsitos promedios diarios, así:

- Sobre el tránsito promedio anual (TPDA) y el tránsito promedio diario mensual (TPDM), en los tramos de la red a su cargo en los cuales tiene instaladas estaciones de peaje. La información presentada en los boletines en relación con estos tránsitos no discrimina los vehículos por tipo, pero ella es posible obtenerla en las oficinas centrales del INVÍAS.
- Sobre el tránsito promedio diario semanal (TPDS), en más de 800 estaciones de conteo manual, distribuidas en cerca de 20,000 kilómetros de la red vial nacional. Esta información aparece discriminada, tanto por tipo de vehículo (liviano, bus y camión), como por tipo de camión (clases 2P, 2G, 3/4, 3S2, 3S3). Así mismo, junto con el TPDS de cada estación, se informa su valor de desviación estándar (s), el cual mide la dispersión de los tránsitos de los 7 días de la semana del conteo, en relación con el promedio semanal.



La precisión en las proyecciones de tránsito está necesariamente ligada a la calidad de los datos con los cuales se realizan. El valor del TPDA constituye, sin duda, la mejor información en este sentido (nivel 1); sin embargo, debido a que ella es recabada sólo en muy pocos sectores de la red vial nacional, será mucho más frecuente disponer de los valores del TPDS. En los estudios de rutina para el diseño de obras de rehabilitación de los pavimentos asfálticos de las carreteras nacionales y salvo que el INVÍAS determine lo contrario, el valor del TPDS se podrá asumir como representativo del TPDA. Esta suposición implica ubicarse en el nivel 2 de la información sobre tránsito.

Las técnicas estadísticas aplicadas a la ingeniería de tránsito permiten expandir los valores de tránsito promedio diario semanal (TPDS) a valores de tránsito promedio diario anual (TPDA), considerando que muestras de datos sujetas a las mismas técnicas de análisis, posibilitan la generalización del comportamiento de una población, siempre que se haga un análisis previo de la variabilidad de ellas para poder afirmar, con cierto nivel de confiabilidad, que sus resultados pueden ser aplicados a otras muestras o al universo de la población; mediante este principio y con ciertas limitaciones, los volúmenes de TPDS (media muestral) pueden ser utilizados para estimar un rango dentro del cual se puede encontrar el TPDA (media poblacional). Este último valor, por su carácter universal, permite un mejor conocimiento del comportamiento del tránsito. La expresión por aplicar, es la siguiente:

$$TPDA = TPDS \pm z_c \frac{s}{\sqrt{n}} \left[\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right]$$

Dónde: z_c : Valor crítico o coeficiente de confianza, dependiente del nivel de confianza deseado. Para una distribución normal y un nivel de confianza de 90 %, $z_c = 1.64$. Si el nivel de confianza se aumenta a 95 %, $z_c = 1.96$.

s : Desviación estándar de la muestra.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (TD_i - TPDS)^2}{n-1}}$$

Donde n : Tamaño de la muestra (7 días).

N : Tamaño de la población (número de días del año).

TD_i : Volumen de tránsito del día "i".

En este Caso, el nivel de confianza es de 95% lo que hace que el valor crítico del nivel de confiabilidad sea de 1,96.



Teniendo en cuenta los anteriores datos recopilados de los aforos vehiculares de los días en los cuales se realizó el estudio el consolidado total de datos por días es el siguiente:

Tabla 12- Consolidado de los aforos vehiculares

RESUMEN DE CONTEOS								
n	DIA	AUTOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)				
1	7-oct-24	49	24	5	27	29	17	2
2	8-oct-24	47	22	3	23	22	8	1
3	9-oct-24	51	25	8	18	19	4	1
4	10-oct-24	47	23	11	16	10	1	1
5	11-oct-24	57	30	12	23	1	4	1
TOTAL		251	124	39	107	81	34	6
DESVIACIÓN STANDART (S)		4	3	4	4	11	6	0
TPDS		50	25	8	21	16	7	1
TPDA		54	28	11	25	26	2	2
COMPOSICIÓN		39,10%	19,31%	6,07%	16,67%	12,62%	5,30%	0,93%
TPDS TOTAL		128						
TPDA TOTAL		147						

De esta forma, la desviación estándar, el TPDS y el TPDA de cada una de la clasificación de los vehículos de los 5 días de la semana en estudio es la siguiente:

Tabla 13 - Desviación Standart Autos

DESVIACIÓN STANDART, TPDA Y TPDS AUTOS								
7-oct	MARTES	49	50	-1	1,440		n	5
8-oct	MIÉRCOLES	47	50	-3	10,240		n-1	4
9-oct	JUEVES	51	50	1	0,640			
10-oct	VIERNES	47	50	-3	10,240			
11-oct	SÁBADO	57	50	7	46,240		DIAS DE LA SEMANA	5
		251			68,800			
	Zc	s	n	N	TPDA		TPDA	54
	1,96	4	5	365	54		TPDS	50



Tabla 14 - Desviación Standart Buses

DESVIACIÓN STANDART, TPDA Y TPDS BUSES								
7-oct	MARTES	24	25	-1	0,640		n	5
8-oct	MIÉRCOLES	22	25	-3	7,840		n-1	4
9-oct	JUEVES	25	25	0	0,040			
10-oct	VIERNES	23	25	-2	3,240			
11-oct	SÁBADO	30	25	5	27,040		DIAS DE LA SEMANA	5
		124			38,800			
	Zc	s	n	N	TPDA		TPDA	28
	1,96	3	5	365	28		TPDS	25

Tabla 15 - Desviación Standart C2P

DESVIACIÓN STANDART, TPDA Y TPDS C2 PEQUEÑO								
7-oct	MARTES	5	8	-3	7,840		n	5
8-oct	MIÉRCOLES	3	8	-5	23,040		n-1	4
9-oct	JUEVES	8	8	0	0,040			
10-oct	VIERNES	11	8	3	10,240			
11-oct	SÁBADO	12	8	4	17,640		DIAS DE LA SEMANA	5
		39			58,800			
	Zc	s	n	N	TPDA		TPDA	11
	1,96	4	5	365	11		TPDS	8

Tabla 16 - Desviación Standart C2G

DESVIACIÓN STANDART, TPDA Y TPDS C2 GRANDE								
7-oct	MARTES	27	21	6	31,360		n	5
8-oct	MIÉRCOLES	23	21	2	2,560		n-1	4
9-oct	JUEVES	18	21	-3	11,560			
10-oct	VIERNES	16	21	-5	29,160			
11-oct	SÁBADO	23	21	2	2,560		DIAS DE LA SEMANA	5
		107			77,200			
	Zc	s	n	N	TPDA		TPDA	25
	1,96	4	5	365	25		TPDS	21



Tabla 17 - Desviación Standart C3 Y C4

DESVIACIÓN STANDART, TPDA Y TPDS C3 Y C4								
7-oct	MARTES	29	16	13	163,840		n	5
8-oct	MIÉRCOLES	22	16	6	33,640		n-1	4
9-oct	JUEVES	19	16	3	7,840			
10-oct	VIERNES	10	16	-6	38,440			
11-oct	SÁBADO	1	16	-15	231,040		DIAS DE LA SEMANA	5
		81			474,800			
	Zc	s	n	N	TPDA		TPDA	26
	1,96	11	5	365	26		TPDS	16

Tabla 18 - Desviación Standart C5

DESVIACIÓN STANDART, TPDA Y TPDS C5								
7-oct	MARTES	17	7	10	104,040		n	5
8-oct	MIÉRCOLES	8	7	1	1,440		n-1	4
9-oct	JUEVES	4	7	-3	7,840			
10-oct	VIERNES	1	7	-6	33,640			
11-oct	SÁBADO	4	7	-3	7,840		DIAS DE LA SEMANA	5
		34			154,800			
	Zc	s	n	N	TPDA		TPDA	12
	1,96	6	5	365	12		TPDS	7

Tabla 19 - Desviación Standart C6

DESVIACIÓN STANDART, TPDA Y TPDS > C6								
7-oct	MARTES	2	1	1	0,640		n	5
8-oct	MIÉRCOLES	1	1	0	0,040		n-1	4
9-oct	JUEVES	1	1	0	0,040			
10-oct	VIERNES	1	1	0	0,040			
11-oct	SÁBADO	1	1	0	0,040		DIAS DE LA SEMANA	5
		6			0,800			
	Zc	s	n	N	TPDA		TPDA	2
	1,96	0	5	365	2		TPDS	1

El resumen de los datos anteriormente calculados es el siguiente:



Tabla 20 - Resumen aforos vehiculares

RESUMEN DE CONTEOS								
n	DIA	AUTOS (A)	BUSES (B)	CAMIONES (C)				
1	7-oct-24	49	24	5	27	29	17	2
2	8-oct-24	47	22	3	23	22	8	1
3	9-oct-24	51	25	8	18	19	4	1
4	10-oct-24	47	23	11	16	10	1	1
5	11-oct-24	57	30	12	23	1	4	1
TOTAL		251	124	39	107	81	34	6
DESVIACIÓN STANDART (S)		4	3	4	4	11	6	0
TPDS		50	25	8	21	16	7	1
TPDA		54	28	11	25	26	2	2
COMPOSICIÓN		39,10%	19,31%	6,07%	16,67%	12,62%	5,30%	0,93%
TPDS TOTAL		128						
TPDA TOTAL		147						

La distribución porcentual de los vehículos es la siguiente:

Tabla 21 - Distribución porcentual del tránsito

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TRANSITO	
AUTOS (A)	39,10%
BUSES (B)	19,31%
CAMIONES (C)	41,59%

El total de camiones representado en el estudio de transito es el siguiente:

Tabla 22 - Representación del tráfico pesado en la zona de estudio

CAMIONES (C)					
C2 P	C2 G	C3 Y C4	C5	> C6	TOTAL
39	107	81	34	6	267
14,61%	40,07%	30,34%	12,73%	2,25%	100%

Como se puede deducir de los datos anteriores, la mayor cantidad de camiones que transitan por la zona son camiones tipo C2 grande debido a que las vías urbanas de Purificación son pasos obligados para vehículos de carga más grandes y este tipo de vehículos se utiliza para transportar mercancía dentro del Municipio.

7.4 CALCULO DEL FACTOR CAMIÓN (F.C.)



Los factores de equivalencia de carga por eje (FECE) proporcionan una manera de expresar niveles equivalentes de deterioro entre diferentes cargas por eje; sin embargo, resulta mucho más conveniente expresar ese deterioro equivalente en términos de la cantidad de deterioro producida por un vehículo completo.

En otras palabras, al sumar los deterioros generados por todos los ejes de un determinado vehículo, se obtiene la cantidad de deterioro producido por una pasada de él sobre el pavimento. Esta adición de efectos está incorporada en el concepto del factor vehicular de deterioro, el cual se define como el número de ejes simples equivalentes de referencia que producen el mismo deterioro en el pavimento que la pasada de un vehículo comercial.

El factor vehicular de deterioro puede ser calculado para cada tipo de camión o bus; o como un promedio para todo el flujo del tránsito pesado, caso en el cual se conoce como “factor camión”. Aunque la mayoría de los diseñadores colombianos realizan sus cálculos utilizando el segundo de los criterios citados, resulta mucho más recomendable, para los efectos de evaluación y prognosis del tránsito, calcular factores de deterioro independientes para cada tipo de vehículo pesado, en razón de la distinta tasa de crecimiento anual que presenta el tránsito de los diferentes vehículos comerciales.

La siguiente tabla muestra los factores vehiculares de deterioro promedios obtenidos para distintos tipos de camiones en algunas encuestas realizadas durante los últimos años en las carreteras nacionales. Con fines comparativos, las dos últimas columnas de la tabla muestran los valores de este parámetro en las carreteras de Pakistán y los Estados Unidos de América. Respecto de los buses, la información disponible en el país es muy limitada, motivo por el cual se acepta el uso de los factores recomendados en el manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito (0.40 para el bus corriente y 1.00 para el bus metropolitano), salvo que se disponga de datos reales para el sector vial objeto de los estudios.

Tabla 23 - Factores vehiculares de deterioro

TIPO DE CAMIÓN	FACTOR VEHICULAR DE DETERIORO (EJES SIMPLES DE 80 kN)				
	MOPT 1992	INVÍAS 1996	INVÍAS 2003	DATOS PAKISTÁN	DATOS USA
2	2.16	3.44	2.15	4.67	0.21
3	4.39	3.76	3.15	8.84	1.59
2 S1	-	3.37	3.13	-	-
3 S1	-	2.22	2.33	-	-
2 S2	-	3.42	2.27	10.35	1.32
3 S2	4.21	4.40	4.21	14.73	1.39
3 S3	4.42	4.72	5.31	10.90	1.39

De esta manera, el cálculo del factor camión es el siguiente:



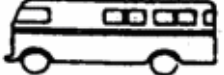
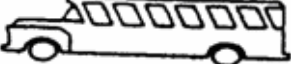
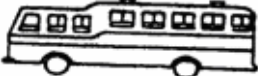
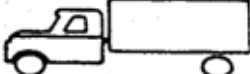
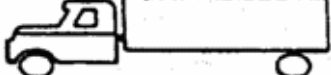
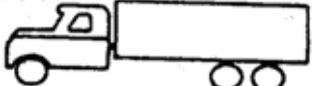
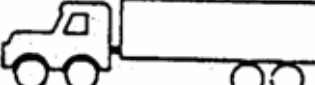
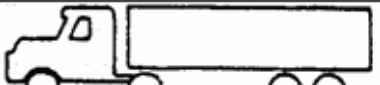
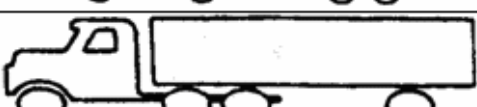
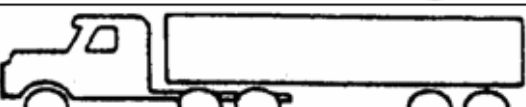
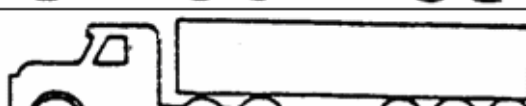
Tabla 24 - Calculo del factor camión para el proyecto

TIPOLOGIA ESTUDIO	TIPO		NUMERO	PORCENTAJE	FACTOR DE EQUIVALENCIA	
C - 2 - P	C - 2 P	CAMION DE DOS EJES PEQUEÑO	39	14,61%	1,14	16,65
C - 2 - G	C - 2 G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	107	40,07%	3,44	137,86
C - 3 Y C - 4	C - 3	CAMION C3	81	30,34%	6,73	204,17
	C2 - S1	TRACTO CAMION C2 - S1				
	C2 - S2	TRACTO CAMION C2 - S2				
	C3 - S1	TRACTO CAMION C3 - S1				
	C - 4	CAMION C4				
C - 5	C - 5	TRACTO CAMION C3 - S2	34	12,73%	4,4	56,03
> C - 5	> C - 6	TRACTO CAMION C3 - S3	6	2,25%	4,72	10,61
			267	100,00%		425,31
BUSES				19,31%	1	19,31
FACTOR CAMION			4,25			
FACTOR CAMION (BUSES Y CAMIONES)			3,22			
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TRANSITO						
AUTOS (A)	39,10%	251				
BUSES (B)	19,31%	124				
CAMIONES (C)	41,59%	267				

La siguiente tabla nos muestra los tipos de vehículos con su respectivo código según el INVIAS.



Tabla 25 - Tipos de vehículos y sus códigos según INVIAS

TIPO DE VEHÍCULO		ESQUEMA
AUTOS		  
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMIÓN DE DOS EJES PEQUEÑOS	
C2-G	CAMIÓN DE DOS EJES GRANDES	
C3 Y C4	CAMIÓN C3	
	CAMIÓN C4	
	TRACTOR-CAMIÓN C2-S1	
	TRACTOR-CAMIÓN C2-S2	
	TRACTOR CAMIÓN C3-S1	
C5	TRACTOR CAMIÓN C3-S2	
> C5	TRACTOR CAMIÓN C3-S3	



7.5 DETERMINACIÓN DEL TRANSITO FUTURO

7.5.1 COMPONENTES DEL TRÁNSITO

Se tienen en cuenta tres componentes:

- Tránsito Normal – Es el que se produce en la zona de influencia del proyecto como consecuencia de la evolución previsible de sus parámetros característicos y coincide, por tanto, con el que circulará por la red si no se realizara el proyecto. Esta componente se determina a través del análisis de la serie histórica de tránsito, si esta existe, o de un conteo vehicular.
- Tránsito atraído – Es el que utilizará el proyecto, por las ventajas o beneficios que ofrece, y hoy hace uso de otra infraestructura. Esta componente se determina a través de encuestas de preferencia a usuarios y modelos de selección modal o de ruta.
- Tránsito generado – Es el que se origina por el proyecto mismo, debido a mejores condiciones de oferta. Generalmente se refiere al tránsito nuevo por efecto del desarrollo del área de influencia. Esta componente se determina a través del análisis socio-económico.

En una carretera se debe determinar cuáles de las tres componentes se van presentar.

Una vez se inicie la operación del proyecto. Se pueden presentar muchas combinaciones, que se pueden asimilar a una de las siguientes situaciones.

- Situación 1: Proyecto de mejoramiento (pavimentación) en zona con alto potencial de desarrollo económico. Para esta situación se podría esperar la presencia de las tres componentes.
- Situación 2: Proyecto de mejoramiento (pavimentación) en zona con bajo potencial de desarrollo económico. Para esta situación se podría esperar la presencia de tránsito normal y atraído.
- Situación 3: Proyecto nuevo en zona con alto potencial de desarrollo económico. En esta situación las componentes que se podrían dar en el tránsito son la de tránsito atraído y la del generado.
- Situación 4: Proyecto nuevo en zona con bajo potencial de desarrollo económico. En esta situación las componentes que se podrían dar en el tránsito son la de tránsito atraído.

En este caso particular se tendrá en cuenta la situación 2.



7.5.2 NIVEL DE TRANSITO

Los métodos usuales para el diseño de pavimentos asfálticos consideran esta variable en términos de repeticiones de ejes de 80 kN en el carril de diseño, cuya valoración con cierto grado de confiabilidad exige un conocimiento más o menos preciso de la magnitud de las cargas pesadas circulantes, a efectos de establecer su respectiva equivalencia con el eje patrón de diseño.

Según el manual de diseño de estructuras de pavimento en vías con bajos volúmenes de tránsito; el tránsito se clasifica el tránsito de diseño en 2 niveles, en función del número de ejes equivalentes de 80 kN previstos durante el período de diseño en el carril de diseño. En la siguiente tabla se indican las categorías de tránsito adoptadas.

Tabla 26 - Nivel de tránsito

NIVEL DE TRANSITO	NUMERO DE EJES EQUIVAKENTES DE 8,2 TONELADAS Ó 80 KN EN EL CARRIL DE DISEÑO
T2	1500001 - 5000000

De esta manera, el Nivel de transito de esta vía es el de T2.

7.5.3 TASA DE CRECIMIENTO DE TRANSITO

Debido a la poca información existente de la vía proyectada se considerará utilizar la tasa de proyección propuesta por el manual de altos y medios volúmenes de tránsito propuesto por el INVIAS.

Tabla 27 - Tasa de crecimiento del proyecto

NIVEL DE TRANSITO	TASAS DE CRECIMIENTO (%)
T1	3
T2	3

De esta manera, la tasa de crecimiento es de 3%.



7.5.4 PROYECCIÓN DEL TPDA

Tradicionalmente en Colombia, las proyecciones de tránsito se han efectuado utilizando el modelo exponencial expresado mediante la siguiente formula de interés:

$$Tn = Ti \times (1 + r)^n$$

Donde:

Tn = Transito en cualquier año n.

Ti = Transito en el año cero (inicial).

r = tasa de crecimiento anual de tránsito.

Teniendo en cuenta el nivel de tránsito, la tasa de crecimiento es de 3%.

El TPDA total para el año 2024 es el siguiente:

Tabla 28 - TPDA año 2024

AÑO 2021	147

Para una vía principal o primaria el número de años que se debe hacer la proyección es de 20 años siendo el año cero el año 2024.

La proyección del TPDA es la siguiente:

Tabla 29 - TPDA, Tasa de crecimiento y número de años.

TPDA	
AÑO 2021	147
r	3%
n	20

La proyección del TPDA es la siguiente:



Tabla 30 - Proyección del TPDA

PROYECCIÓN DE LOS TPDA				
AÑO	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>To</i>	TPDA
2021	0	3%	147	147
2022	1	3%	147	151
2023	2	3%	147	156
2024	3	3%	147	160
2025	4	3%	147	165
2026	5	3%	147	170
2027	6	3%	147	175
2028	7	3%	147	180
2029	8	3%	147	186
2030	9	3%	147	191
2031	10	3%	147	197
2032	11	3%	147	203
2033	12	3%	147	209
2034	13	3%	147	215
2035	14	3%	147	222
2036	15	3%	147	228
2037	16	3%	147	235
2038	17	3%	147	242
2039	18	3%	147	250
2040	19	3%	147	257
2041	20	3%	147	265

7.6 CONVERSIÓN DEL TRÁFICO MIXTO EN APLICACIONES DEL EJE DE REFERENCIA (NESE).

Esta conversión, que se realiza partiendo de los conceptos presentados en los numerales precedentes, permite hacer estimaciones, tanto del tránsito que ya ha circulado sobre el pavimento, como del previsible hacia el futuro. El cálculo se puede realizar de dos maneras: utilizando un factor camión promedio para todos los vehículos comerciales (buses y camiones), o haciendo cálculos individuales por vehículo comercial, aplicando el factor vehicular de deterioro específico de cada uno de ellos. Mientras este último procedimiento es más preciso y más recomendable (nivel 1), el primero permite cálculos más rápidos y suficientemente aproximados para la mayoría de los estudios de rutina (niveles 2 y 3).

El número de ejes simples equivalentes (NESE) de 80 kN (8,2 T) en el carril de diseño durante un año “i”, se determina mediante la expresión:



$$NESE_i = TPDA_i * VC * DD * DC * FC * 365$$

Dónde:

NESE_i: Número de aplicaciones del eje de referencia en el carril de diseño Durante el año “i”, equivalentes al tránsito real, en cuanto a su efecto sobre el pavimento.

TPDA_i: Tránsito promedio diario anual en ambas direcciones, durante el año “i”

VC: Proporción del TPDA_i, en cifras decimales, que está constituida por vehículos comerciales (buses+camiones).

DD: Distribución direccional del tránsito de los vehículos comerciales, en cifras centesimales.

DC: Proporción, en cifras centesimales, de los vehículos comerciales circulantes en una dirección, que utiliza el carril de diseño.

FC: Factor vehicular de deterioro (factor camión).

7.6.1 Proporción del Tránsito Promedio Diario constituido por vehículos comerciales (VC)

Como las cargas por eje y vehiculares de relevancia para el comportamiento estructural de un pavimento son las correspondientes a los buses y los camiones (vehículos comerciales), los conteos que se realicen con fines de diseño de pavimentos deberán discriminar el tránsito por tipo de vehículo.

En el caso del estudio, el VC es de 49%.

7.6.2 Distribución direccional del tránsito de vehículos comerciales (DD)

La distribución direccional (DD) corresponde a la proporción del tránsito de vehículos comerciales que circula en una dirección. Generalmente, se considera que la mitad de ellos circula en cada dirección (DD = 0.50). No obstante, si las observaciones a largo plazo en el lugar indican que la tendencia es diferente, se deberá utilizar el valor observado. El uso del valor observado de largo plazo en el sector vial del proyecto constituye el nivel 1 de la información.

7.6.3 Distribución del tránsito de vehículos comerciales por carril (DC)



La distribución del tránsito de vehículos comerciales por carril depende del número de carriles que tenga la carretera en cada dirección. Si bien es evidente que cuando la vía sólo tiene un carril por dirección, éste acoge el 100 % del tránsito circulante en dicha dirección ($DC = 1.0$), en el caso de vías con más de un carril por dirección, el carril exterior suele conducir un mayor número de vehículos comerciales –y, consecuentemente, un mayor número de ejes simples equivalentes- que el interior, razón por la cual se le denomina “carril de diseño”.

Tabla 31 - Factor de distribución para el carril de diseño

NÚMERO DE CARRILES EN CADA DIRECCIÓN	FACTOR DE DISTRIBUCIÓN PARA EL CARRIL DE DISEÑO (DC)	
	INVIAS	AASHTO 2002
1	1.0	1.0
2	0.90	0.9
3	0.75	0.6
4	Sin información	0.4

En el caso del estudio, el DC es de 1,0 al ser la vía de estudio una vía de un carril por dirección.

De esta manera, el cálculo del NESE de todos los años a partir del año 2024 y durante los siguientes 20 años se refleja en la siguiente tabla:



Tabla 32 - N.E.S.E. del proyecto

NESEi							
AÑO	TPDA	VC	DD	DC	FC	DIAS	NESEi
2021	147	61%	0,5	1	3,22	365	52.484
2022	151	61%	0,5	1	3,22	365	54.059
2023	156	61%	0,5	1	3,22	365	55.680
2024	160	61%	0,5	1	3,22	365	57.351
2025	165	61%	0,5	1	3,22	365	59.071
2026	170	61%	0,5	1	3,22	365	60.844
2027	175	61%	0,5	1	3,22	365	62.669
2028	180	61%	0,5	1	3,22	365	64.549
2029	186	61%	0,5	1	3,22	365	66.485
2030	191	61%	0,5	1	3,22	365	68.480
2031	197	61%	0,5	1	3,22	365	70.534
2032	203	61%	0,5	1	3,22	365	72.650
2033	209	61%	0,5	1	3,22	365	74.830
2034	215	61%	0,5	1	3,22	365	77.075
2035	222	61%	0,5	1	3,22	365	79.387
2036	228	61%	0,5	1	3,22	365	81.769
2037	235	61%	0,5	1	3,22	365	84.222
2038	242	61%	0,5	1	3,22	365	86.748
2039	250	61%	0,5	1	3,22	365	89.351
2040	257	61%	0,5	1	3,22	365	92.031
2041	265	61%	0,5	1	3,22	365	94.792
SUMATORIAS	NESE TOTAL ACUMULADO						1.505.061

De esta manera, el NESE acumulado es:

Tabla 33 - NESEi Acumulado

NESEi ACUMULADO	
TPDA ACUMULADO	3590
VC	61%
DD	0,5
DC	1
FC	3,22
DIAS	365
NESEi ACUMULADO	1.505.061
NESEi ACUMULADO	1,505E+06

Tabla 34 - Categoría del tránsito acumulado para el proyecto

CATEGORIA	TIPO DE VIA	TPDs	EJES ACUMULADOS DE 8,2 TON	NESEi
T2	Vp - A - (AP - MC - CC)	501 - 1000	1500001 - 5000000	1.505.061

El NESE de diseño acumulado para 20 años es de $1,505 \times 10^6$ ejes equivalentes acumulados de 8,2 toneladas.



7.7 FACTOR HORA PICO (FHP).

Los valores de los factores hora pico, son determinados a partir de la relación de los cuatro periodos de 15 min en el transito más alto en la hora (VHP = Volumen hora pico).

El factor hora pico (FHP) tiene la siguiente expresión:

$$FHP = \frac{VHP}{P * VIH}$$

Donde:

FHP= factor de la hora de máxima demanda

VHP= volumen horario de máxima demanda

VIH= volumen máximo durante 15 minutos

P = Periodos de 15 min en el transito más alto (4 periodos).

Tal como se mencionó anteriormente, el factor hora pico, es una medida del comportamiento del tránsito es por ello que la cuantificación mediante la anterior relación determina que el transito se presenta uniforme y regular.

El FHP para el proyecto es el siguiente:

Factor Hora Pico (FHP).

CALCULO DEL FACTOR HORA PICO (FHP)	
VHP	67,0
VIH 15 min	53
P	1
FHP	<u>1,26</u>

7.8 ANALISIS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Con el propósito de comparar los volúmenes de demanda de transito calculados bajo las condiciones futuras, equivalentes a la pavimentación de la vía del proyecto, y las intensidades de servicio determinadas para los diferentes niveles de operación, se utilizara la metodología establecida en el Manual de capacidad y Niveles de servicio para carreteras de dos carriles.

Para el desarrollo de esta metodología se tendrá en cuenta lo siguientes términos:



Capacidad de una carretera de dos carriles: Número máximo de vehículos que puede circular en un punto o un tramo uniforme de la vía en los dos sentidos, durante cierto intervalo de tiempo. Comúnmente la capacidad se expresa como vehículos por hora.

Para el cálculo de capacidad se parte de condiciones ideales, condición que posteriormente se disminuye a las condiciones particulares, estas restricciones son geométricas, de tránsito o ambientales.

Niveles de Servicio: Este concepto se utiliza para evaluar la calidad de flujo. Es “una medida cualitativa que descubre las condiciones de operación de un flujo de vehículos y/o personas, y de su percepción por los conductores o pasajeros”. Estas condiciones se describen en términos de factores como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones a la circulación, la comodidad, las conveniencias y la seguridad vial.

Nivel de Servicio A: Describe la calidad más alta de servicio de tráfico, cuando los conductores pueden viajar a la velocidad deseada. Sin la entrada en vigor estricta, esta calidad más alta resultaría en velocidades promedio de 90 Km/h o más en las vías de dos carriles en la Clase I. La frecuencia de paso exigida para mantener estas velocidades no ha alcanzado un nivel exigente, la demanda que lleva a cabo maniobras de adelantamiento está por debajo de la capacidad de paso, y los pelotones de tres o más vehículos son raros.

Nivel de Servicio B: Caracteriza el flujo de tráfico con velocidades de 80 Km./h o ligeramente superior en terreno a nivel en las vías de dos carriles Clase I. La demanda por pasar para mantener las velocidades deseadas llega a ser significativo y se aproxima a la capacidad de paso al más bajo límite del nivel de servicio B. Los conductores se tardan en los pelotones un 50 por ciento más del tiempo. Las proporciones de flujo de servicio son de 780 vehículos livianos/h en ambas direcciones logradas bajo las condiciones básicas. Sobre esta proporción de flujo, el número de pelotones aumenta dramáticamente.

Nivel de Servicio C: Describe aumentos extensos en el flujo, produciendo aumentos notables en la formación de pelotones, y la frecuencia de paso de impedimentos. La velocidad media excede los 70 Km./h en terrenos a nivel en vías de dos carriles Clase I, aunque la demanda de paso sin restricción excede la capacidad de paso. Se presentan volúmenes más altos y encadenamiento de pelotones con reducciones significativas en la capacidad de paso. Aunque el flujo de tráfico es estable, es susceptible a la congestión debido a los volúmenes de vehículos lentos. El porcentaje de tiempo empleado en adelantamiento puede alcanzar un 65 por ciento. La proporción de flujo de servicio suma 1,190 vehículos livianos/h en ambas direcciones, aún puede acomodarse bajo las condiciones básicas.

Nivel de Servicio D: Describe el flujo inestable. Las dos corrientes de tráfico contrarias empiezan a operar separadamente a los niveles de volumen más altos, las maniobras de



adelantamiento son sumamente difíciles. Los tamaños medios de pelotones comunes, varían entre los 5 a los 10 vehículos, aunque pueden mantenerse velocidades de 60 Km./h bajo las condiciones básicas en las vías de dos carriles Clase I. La proporción de zonas de no adelantamiento a lo largo de la vía tiene una influencia pequeña. Los vehículos que realizan maniobras de giros de retorno o localizaos a la orilla del camino causan olas de sacudidas mayores en la corriente del tráfico. Se tardan los conductores en los pelotones hasta un 80 por ciento de su tiempo de viaje. Las proporciones de flujo de servicio máxima son de 1,830 vehículos livianos/h. en ambas direcciones que pueden mantenerse bajo las condiciones básicas. En las vías de dos carriles Clase II, las velocidades pueden estar por debajo de 60 Km./h, pero en ningún caso los conductores se tardan en los pelotones más del 85 por ciento de su tiempo de viaje.

Nivel de Servicio E: El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

Nivel de Servicio F: Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto o calzada, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables.

Condiciones Ideales de una vía:

Las condiciones ideales de una vía son las siguientes:

- Velocidad de proyecto, igual o mayor de 90 km/h.
- Carriles de 3,65 m de ancho.
- Bermas de 1,8m o más.
- Inexistencia de tramos con prohibición de adelantamiento.
- No existencia de vehículos pesados.
- Distribución direccional 50/50.
- Ninguna restricción al tránsito principal debido a algún tipo de control o vehículos que giren.



- Terreno Plano.

Condiciones actuales de la zona del proyecto:

- Velocidad de proyecto, de 30 km/h.
- Dos Carriles en un solo sentido de 3 m de ancho.
- Bermas inexistentes.
- Inexistencia de tramos con prohibición de adelantamiento.
- inexistencia de vehículos pesados.
- Distribución direccional 50/50.
- Ninguna restricción al tránsito principal debido a algún tipo de control o vehículos que giren.
- Terreno plano.

De esta manera, se concluye que la vía tiene un nivel de servicio D.



9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se tomó una tasa de crecimiento del 3.0% considerando que no se tienen datos previos que permitan proyectar o definir el comportamiento aproximado del sector, motivo por el cual se tienen en cuenta las consideraciones expuestas en la parte de Tránsito por el manual de diseño de pavimentos asfálticos de bajos volúmenes de tránsito del INVIAS.
2. Se desarrolló un análisis de capacidad y niveles de servicio para la vía proyectada, tomando las consideraciones geométricas y de funcionalidad presentándose un nivel de servicio D.
3. El año 0 corresponde al año 2024, por tal motivo solo se contabilizan hasta el año 2044 esto debido al proceso de construcción y desarrollo de la infraestructura propuesta.
4. De acuerdo a los conteos suministrados el FHP es inferior a 0.7 y de forma general no cercano a 1.0 motivo por lo cual se puede considerar con una tendencia no uniforme.
5. El periodo de demanda vehicular no se enmarca en una sola jornada, en lugar de esto varía entre mañana y tarde, esto debido a la uniformidad en los conteos desarrollados.
6. El tránsito atraído fue considerado del 5%, valor considerado aceptable según lo propuesto por el INVIAS en las generalidades de la cartilla de Volúmenes de tránsito.



7. BIBLIOGRAFIA

- INGENIERÍA DE PAVIMENTOS – Alfonso Montejo Fonseca.
- GUIA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE REHABILITACIÓN DE CARRETERAS – INVIAS 2008.

MICHAEL AFRANIO DIAZ RICARDO
M.T 70202-332116 TLM
MAGISTER EN INFRAESTRUCTURA VIAL