MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA.

GOBERNACIÓN DE CÓRDOBA

ESTUDIO DE TRÁNSITO SECTOR IMAT



MONTERÍA - CÓRDOBA
SEPTIEMBRE DE 2024

CONTROL DE REVISIONES		
REV.	**FECHA**	**DESCRIPCIÓN**
1	(SEPTIEMBRE - 2024)	PRIMERA ENTREGA ESTUDIO DE TRANSITO

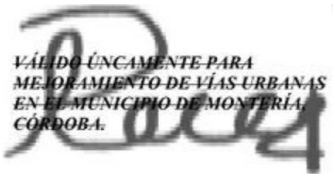
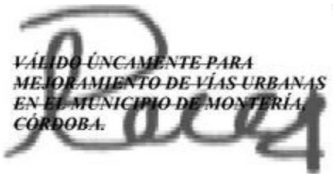
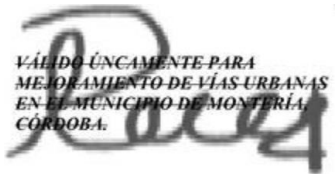
CONTROL DE COPIAS		
No. Copias	Física/Digital	
1	Digital	
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
		
ERWIN LUDWIG POLO OSORIO.	ERWIN LUDWIG POLO OSORIO.	ERWIN LUDWIG POLO OSORIO.
INGENIERO CIVIL. M.P. 091037-0559420 CND	INGENIERO CIVIL. M.P. 091037-0559420 CND	INGENIERO CIVIL M.P. 091037-0559420 CND

TABLA DE CONTENIDO

1 RESUMEN EJECUTIVO 5
2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 5
2.1 Situación actual de la vía 7
2.2 Situación Futura 7
3 TRABAJO DE CAMPO 8
3.1 Localización de las estaciones de conteo 8
3.2 Clasificación vehicular. 9
3.3 Conteo vehicular 10
3.3.1 Diseño del formulario de conteo de vehículos 10
3.3.2 Métodos de Aforo 11
3.3.3 Periodo de Aforo 11
4 CALCULO DEL TRANSITO PROMEDIO 11
4.1 Cálculo del tránsito aplicando factor nocturno 11
4.2 Cálculo del tránsito promedio diario 13
4.2.1 Transito normal (TN) 14
4.2.2 Transito atraído (TA) 14
4.2.3 Transito generado (TG) 14
4.2.4 Transito promedio diario semanal (TPDs) 14
5 CALCULO DEL NUMERO DE EJES EQUIVALENTES 15
5.1 Periodo de diseño. 15
5.2 Distribución direccional y por carril de vehículos pesados. 15
5.3 Factor daño. 15
5.4 Tasa de crecimiento 18
5.5 Calculo transito equivalente al eje de referencia de 8.2 Tn, periodo de diseño. 18
5.6 Clasificación de la vía en función del nivel de transito 20
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 20

ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Localización general del proyecto 6
Ilustración 2 Localización especifica del proyecto. 6

Ilustración 3 Vía zona del proyecto..... 7
Ilustración 4 Ubicación estación de conteo. 8
Ilustración 5 Clasificación vehicular vehículos livianos y buses 9
Ilustración 6 Clasificación vehicular camiones..... 9
Ilustración 7 Formato Conteo Transito 10
Ilustración 8 Ecuaciones para el cálculo del factor daño por eje 16
Ilustración 9 Esquematización de los diferentes tipos de ejes y su carga máxima..... 17
Ilustración 10 Representación esquemática de los vehículos de transporte de carga más comunes en el país 17

TABLAS

Tabla 1 Nomenclatura de las vías a intervenir. 7
Tabla 2 Promedio de conteo vehicular estación de conteo 1..... 13
Tabla 3 Transito Promedio Diario Normal Estación de conteo. 13
Tabla 4 Porcentaje de tránsito generado como función del tránsito normal. 14
Tabla 5 Calculo del TPDs Estación de Conteo 1. 15
Tabla 6 Factor de distribución por carril. 15
Tabla 7 Clasificación de ejes y peso en kg..... 16
Tabla 8 Calculo del factor daño 17
Tabla 9 Tasas promedio de crecimiento del tránsito. 18
Tabla 10 Calculo del número de ejes equivalentes Estación de Conteo 1. 19
Tabla 11 Información para el cálculo de espectro de carga Estación de Conteo 1. 19
Tabla 12 Categoría de tránsito de acuerdo con INVIAS 2013. 20
Tabla 13 Calculo de tránsito TN estación de conteo. 20

ANEXOS

ANEXO 1 CONTEO VEHICULAR
ANEXO 2 SUMA DE CONTEOS VEHICULARES
ANEXO 3 CÁLCULO DEL TPD

1 RESUMEN EJECUTIVO

Para el desarrollo y mejoramiento de un municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto geométrica como estructuralmente las vías del proyecto y sus alrededores. Este informe se centra en calcular el número de ejes equivalentes de 8.2 ton que pasaran por la vía durante el periodo de diseño, esta variable es fundamental para el dimensionamiento estructural de una vía, por tal razón esta consultoría realizo conteos vehiculares que permitirán calcular los ejes equivalentes de 8.2 ton. A continuación, se hace un breve resumen que describe en términos generales el contenido y los parámetros de diseño empleados.

En el **numeral 2** se realiza una descripción de la zona de influencia del proyecto, donde se describe la localización geográfica ilustrando con una imagen satelital de Google Earth la ubicación espacial de las vías y de las estaciones de conteo. Adicional se presenta la situación y estado actual de la vía, así como también se describe de forma breve como se verían beneficiados los habitantes de la zona en cuanto a desplazamiento y comodidad.

En el **numeral 3** se define el punto estratégico donde se realizará el conteo, se hace una clasificación de los vehículos y se describe de forma detallada los mecanismos de aforo y el periodo de aforo.

En el **numeral 4 y 5**se realiza el cálculo de tránsito promedio diario y del número de ejes equivalentes, adicional se realiza una mayoración para aumentar la confiabilidad y se selecciona el periodo de diseño.

En el numeral 6 se consignan una serie de recomendaciones las cuales se recomienda respetar con el fin de garantizar un buen desarrollo de la estructura de diseño. También se consignan las conclusiones relacionadas con el tipo de estructura a emplear.

2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Montería es un municipio colombiano, capital del departamento de Córdoba. Está ubicado al noroccidente del país en la región Caribe Colombiana, se encuentra a orillas del río Sinú, por lo que es conocida como la "Perla del Sinú". Es considerada la capital ganadera de Colombia; anualmente celebra la feria de la Ganadería durante el mes de junio. Es, además, un importante centro comercial y universitario, reconocida como una de las ciudades colombianas con mayor crecimiento y desarrollo en los últimos años y por impulsar el desarrollo sostenible.

El proyecto en estudio se localiza en el casco urbano del municipio de Montería, A continuación, se muestra una imagen específica y general de la ubicación de las vías en el municipio. En las **ilustraciones 1 y 2** se observa la localización general y especifica de las vías objeto de estudios respectivamente, de igual forma, la **tabla 1** se muestran las vías con sus características de ancho, longitud y nomenclatura.



Fuente: Google Earth.
Ilustración 1 Localización general del proyecto.



Fuente: Google Earth.
Ilustración 2 Localización especifica del proyecto.

Barrio	Nomenclatura Catastral	Ancho de calzada (m)	Ancho de Bordillo (m)	Ancho de Anden (m)	Longitud del tramo (m)
IMAT	A-1 CALLE 68 ENTRE CARRERA 9A Y CARRERA 10	7.00	0.20	1.00	159.17
	A-2 CARRERA 13 ENTRE CALLE 68 Y 72	7.00	0.20	1.60	368.127
	A-3 CALLE 73 ENTRE AVEN CIRCUNVALAR Y CRA 7	5.00	0.20	1.00	185
	A-4 CARRERA 7 HASTA CALLE 73	7.00	0.20	1.00	47.245

Fuente: Elaboración propia.
Tabla 1 Nomenclatura de las vías a intervenir.

2.1 Situación actual de la vía

La vía actualmente se encuentra en mal estado, lo que perjudica la movilidad de los usuarios que puedan emplear este corredor, actualmente la rasante se caracteriza por un afirmado presencia de baches y muchos otros factores que no permiten tener una buena condición vial, ver **Ilustración 3.**



Fuente: Levantamiento Topográfico.
Ilustración 3 Vía zona del proyecto.

2.2 Situación Futura

Con la pavimentación de la vía se mejora la comodidad y seguridad en el desplazamiento de los habitantes de las poblaciones beneficiarias con le ejecución del proyecto. Con la pavimentación de estas vías se espera disminuir los tiempos de viaje y los costos de operación, con lo que se beneficia una gran porción del municipio de Montería y se generan beneficios puntuales mejorando la calidad de vida que traerá la ejecución de este proyecto.

3 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo para un estudio de tránsito se fundamenta en definir puntos estratégicos donde se implementan estaciones de conteo vehicular; entendiendo como puntos estratégicos, aquellos sitios donde el transito que fluye diariamente, tendrá una influencia directa para el diseño de la vía ya que se puede considerar como un tránsito promedio diario o transito atraído.

Esta consultoría consideró para este proyecto una estación de conteo, las cuales serán descritas en el siguiente numeral.

3.1 Localización de las estaciones de conteo

Considerando el impacto de la vía a diseñar y los diferentes sectores por donde los usuarios podrán acceder a la vía una vez este ejecutado el proyecto, esta consultoría considera una estación de conteo, la cual se presenta a continuación:

- ✓ **Estación de conteo 1**: Esa estación es la utilizada en el barrio El Recreo específicamente en el punto con coordenadas latitud: 8°46'46.90"N, longitud: 75°51'55.33"W debido a la cercanía y el comportamiento similar del tránsito de las vías en estudio se comparte la estación del barrio el recreo; Esta estación de conteo comprenderá la vía con nomenclatura; Calle 68 Entre Carrera 9a Y Carrera 10, Carrera 13 Entre Calle 68 Y 72, Calle 73 Entre Aven Circunvalar Y Cra 7, Carrera 7 Hasta Calle 73*:* La **ilustración 4** especifica la localización de la estación de conteo 1.

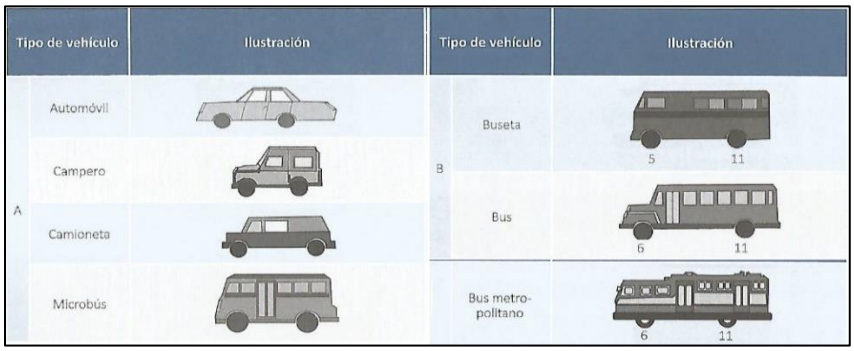


Fuente: Google Earth.
Ilustración 4 Ubicación estación de conteo.

3.2 Clasificación vehicular.

Antes de iniciar el conteo vehicular, es necesario establecer la clasificación de los mismos para que, durante el aforo en campo, se clasifiquen los vehículos de manera acertada. Motivo por el cual, esta consultoría define la categorización de vehículos según bibliografía existente, específicamente la presentada por Freddy Alberto Reyes Lizcano en el libro **Pavimentos, Materiales, construcción y diseño**, donde establece que:

- ✓ *A = Vehículos livianos **(ilustración 5)***
- ✓ *B = Buses **(ilustración 5)***
- ✓ *C = Camiones **(ilustración 6)***



Fuente: Pavimentos, Materiales, construcción y diseño, Freddy Alberto Reyes Lizcano
Ilustración 5 Clasificación vehicular vehículos livianos y buses



Fuente: Pavimentos, Materiales, construcción y diseño, Freddy Alberto Reyes Lizcano
Ilustración 6 Clasificación vehicular camiones

3.3 Conteo vehicular

Establecidas la estación de conteo y la clasificación vehicular, se definió la cantidad de días y el horario bajo el cual se realizó el aforo vehicular. El conteo vehicular tuvo inicio el día 23 de mayo de 2024 realizando esta actividad día por medio durante 3 días, y finalizo el 25 de mayo del 2024. La **ilustración 7** consigna el formato tipo empleado durante la actividad acá referenciada. En el **Anexo 1** se consigna el conteo vehicular realizado en campo, siguiendo las especificaciones establecidas en este numeral para 12 horas.

GOBERNACIÓN DE CÓRDOBA

CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO RÍGIDO DE VÍAS URBANAS, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA.

REVISION No: 1

TABLA DE AFOROS VEHICULARES

FECHA: | ESTACION DE AFORO | HORA INICIO | HORA FINALIZACION

DEPARTAMENTO | CIUDAD | AFORADOR | DIRECCION

PERIODO		MOVI	AUTOS	BUSES O BUSETAS	C2P	C2G	C3 - C4	C5	C > 6
6:00 a. m.	6:15 a. m.		0	0	0	0	0	0	0
6:15 a. m.	6:30 a. m.		0	0	0	0	0	0	0
6:30 a. m.	6:45 a. m.		0	0	0	0	0	0	0
6:45 a. m.	7:00 a. m.		0	0	0	0	0	0	0
7:00 a. m.	7:15 a. m.		0	0	0	0	0	0	0
7:15 a. m.	7:30 a. m.		0	0	0	0	0	0	0
7:30 a. m.	7:45 a. m.		0	0	0	0	0	0	0
7:45 a. m.	8:00 a. m.		0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia.
Ilustración 7 Formato Conteo Transito

A continuación, se especifican los diferentes métodos de aforo o metodologías de realizar conteos vehiculares, periodo de aforo y otros atributos que se deben considerar durante esta actividad y que deben ser consignados en la **ilustración 7.**

3.3.1 Diseño del formulario de conteo de vehículos

Los datos recogidos deben ser:

- ✓ *Nombre de la Estación.*

- ✓ *Día y Fecha.*
- ✓ *Hora inicio.*
- ✓ *Hora final.*
- ✓ *Sentido.*
- ✓ *Responsable.*
- ✓ *Recolección de la información.*

3.3.2 Métodos de Aforo

Para determinar el número de vehículos que circulan por una vía, se requiere realizar conteos, los cuales pueden realizarse con equipos mecánicos o utilizando personas.

i. **Conteos Mecánicos:** Consiste en utilizar dispositivos para recolectar la información durante veinticuatro horas todos los días del año, con lo cual se obtiene el transito promedio diario anual (TPDa), valor de gran importancia en el diseño y planeación de vías.

ii. **Conteos Manuales:** Se trata de contar vehículos en un tramo vial utilizando personas, generalmente son conteos de máximo una semana. La información incluye variables que difícilmente se podrían determinar por métodos mecánicos, tales como: índices de ocupación, número de pasajeros, tipo de carga, etc. Este tipo de conteos presenta el problema de altos costos y que difícilmente se realiza de forma seguida las 12 horas del día durante los 3 días de conteo. Aun así, es el método más usado en nuestro país. Con esta información, se puede obtener el transito promedio diario semanal (TPDs).

3.3.3 Periodo de Aforo

Resaltando que esta consultoría realizó conteo manual y que desempeño esta actividad de conteo por 3 días para la estación de conteo, el aforo se desarrolló en intervalos de 15 minutos durante 12 horas continuas, empezando a las 06:00 am y finalizando a las 06:00 pm, consignando la información en el formato tipo **ilustración 7.**

4 CALCULO DEL TRANSITO PROMEDIO

Finalizado el trabajo de campo, es necesario sumar los conteos vehiculares según la clasificación presentada en el **numeral 2.2**. Con esta información se puede conocer el flujo horario que transita por cada una de las vías en donde se realizó el conteo vehicular.

4.1 Cálculo del tránsito aplicando factor nocturno

En el **Anexo 2**, se consigna la suma del flujo vehicular día a día en los intervalos de 15 minutos como se realizó el conteo vehicular. Adicional en las **tablas 2**, se puede evidenciar el transito promedio de los 3 días de conteo en la estación, siempre conservando el intervalo de los 15 minutos.

Fecha: (D.M.A.)	23/09/2024 a 27/09/2024		Localización:		Montería			
Promedio Semanal			Sentido: Bidireccional					
F. nocturno	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1
PERÍODO	AUTOS	BUSES	CAMIONES					MOTOS
			C2P	C2G	C3	C5	>C5	
6:00 - 0:15	21	1	1	0	0	0	0	0
6:15 - 0:30	14	1	0	1	0	1	0	0
6:30 - 0:45	19	0	0	0	0	0	0	0
6:45 -7:00	27	0	2	0	0	0	0	0
7:00 - 7:15	23	0	0	1	0	0	0	0
7:15 - 7:30	22	0	0	0	0	0	0	0
7:30 - 7:45	29	0	0	0	0	0	0	0
7:45 -8:00	32	0	2	0	0	0	0	0
8:00 - 8:15	20	0	1	0	0	0	0	0
8:15 - 8:30	25	0	1	0	0	0	0	0
8:30 - 8:45	26	0	0	0	0	0	0	0
8:45 -9:00	20	0	1	0	0	0	0	0
9:00 - 9:15	27	0	1	0	0	0	0	0
9:15 - 9:30	24	0	0	0	0	0	0	0
9:30 - 9:45	16	0	0	1	0	0	0	0
9:45 -10:00	20	0	1	0	0	0	0	0
10:00 - 10:15	20	0	0	0	0	0	0	0
10:15 - 10:30	30	0	1	0	0	0	0	0
10:30 - 10:45	24	0	0	0	0	0	0	0
10:45 -11:00	19	0	0	0	0	0	0	0
11:00 - 11:15	31	0	1	0	0	0	0	0
11:15 - 11:30	31	0	1	0	0	0	0	0
11:30 - 11:45	49	0	0	0	0	0	0	0
11:45 -12:00	64	0	0	0	0	0	0	0
12:00 - 12:15	69	0	1	0	0	0	0	0
12:15 - 12:30	65	0	1	0	0	0	0	0
12:30 - 12:45	68	0	1	0	0	0	0	0
12:45 -13:00	53	0	0	0	0	0	0	0
13:00 - 13:15	44	0	0	0	0	0	0	0
13:15 - 13:30	41	0	0	0	0	0	0	0
13:30 - 13:45	34	0	0	0	0	0	0	0
13:45 -14:00	53	0	1	0	0	0	0	0
14:00 - 14:15	36	1	0	0	0	0	0	0
14:15 - 14:30	39	0	0	0	0	0	0	0
14:30 - 14:45	40	0	0	0	0	0	0	0
14:45 -15:00	44	0	1	1	0	0	0	0
15:00 - 15:15	35	1	1	0	0	0	0	0
15:15 - 15:30	46	0	0	0	0	0	0	0
15:30 - 15:45	37	0	0	0	0	0	0	0

Fecha: (D.M.A.)	23/09/2024 a 27/09/2024		Localización:		Montería			
Promedio Semanal			Sentido: Bidireccional					
F. nocturno	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1
PERÍODO	AUTOS	BUSES	CAMIONES					MOTOS
			C2P	C2G	C3	C5	>C5	
15:45 -16:00	50	0	0	0	0	0	0	0
16:00 - 16:15	52	0	0	0	0	0	0	0
16:15 - 16:30	47	0	1	2	0	0	0	0
16:30 - 16:45	32	0	0	0	0	0	0	0
16:45 -17:00	37	0	1	0	0	0	0	0
17:00 - 17:15	45	0	1	0	0	0	0	0
17:15 - 17:30	49	0	0	0	0	0	0	0
17:30 - 17:45	61	0	2	1	1	0	0	0
17:45 -18:00	61	0	0	1	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 Promedio de conteo vehicular estación de conteo 1.

Como el conteo vehicular se realizó de 6:00 am a 6:00 pm, no se puede despreciar el flujo vehicular que se puede dar en horas nocturnas; motivo por el cual, se aplican unos factores de tránsito para horas nocturnas en función de la importancia de la vía. La **tabla 2**, dentro de su información presentan el factor nocturno (F. Nocturno), en función según el tipo de vehículo, la importancia de la vía y su localización geográfica que es influyente en la movilidad.

Por último, una vez aplicado el factor nocturno a la clasificación vehicular, se pude definir el transito que se da durante las 24 horas en una semana por cada una de las estaciones de conteo vehiculares como se muestra en la **tabla 3**.

ESTACIÓN DE CONTEO	PERÍODO	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3	C5	>C5	SUMA
1	**TN**	**2301**	**8**	**28**	**13**	**4**	**1**	**0**	**2355**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3 Transito Promedio Diario Normal Estación de conteo.

En el **Anexo 3**, se consignan los valores del tránsito promedio diario semanal en los intervalos de 15 minutos.

4.2 Cálculo del tránsito promedio diario

Al entendimiento del tránsito promedio diario como el número de vehículos (*A, B y C*) que circulan en una vía por un día, se deben anexar otros criterios que se deben adicionar en la toma de decisiones para el cálculo de la proyección del tránsito y el espectro de carga.

4.2.1 Transito normal (TN)

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. Esa componente se determina a través de un conteo vehicular y/o un análisis de la serie histórica de tránsito. Para el proyecto en estudio este tránsito corresponde al calculado por medio del conteo vehicular, ver **tabla 3.**

4.2.2 Transito atraído (TA)

Es el que utilizará el proyecto, por las ventajas o beneficios que ofrece. Esta componente se determina a través de encuestas de preferencia a usuarios y modelos de selección modal o de ruta. Para el proyecto en estudio por no disponer de información precisa, se aplica el criterio del instituto de ingenieros de Estados Unidos que señala que este tránsito corresponde al 30% del tránsito normal calculado de la estación de conteo la cual, por configuración del trazado vial, puede aportar el porcentaje antes mencionado a la vía de estudio.

4.2.3 Transito generado (TG)

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. Cuando el ingeniero no disponga de información más detallada puede hacer uso de los factores relacionados en **tabla 4.**

Clasificación del área del proyecto	Población beneficiada, hab	Porcentaje de tránsito generado como función del tránsito normal
Área con potencial minero alto	Menos de 5000 5000 o más	3.0 6.0
Área con potencial agrícola alto	Menos de 5000 5000 o más	2.5 5.5
Área con potencial turístico alto	Menos de 5000 5000 o más	2.0 3.5
Área de bajo potencial de desarrollo		1.5

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfalticos para vías con bajos volúmenes de tránsito.
Tabla 4 Porcentaje de tránsito generado como función del tránsito normal.

4.2.4 Transito promedio diario semanal (TPDs)

Se calcula el transito promedio diario semanal de la estación de conteo en donde se relaciona la cantidad de vehículos según la clasificación con la suma del tránsito diario; esta actividad, ser realiza en valores absolutos y relativos como se muestra en la **tabla 5.**

Es necesario resaltar que, el criterio antes mencionado también se realiza para conocer los porcentajes de camiones según su categoría en función de la sumatoria del total de camiones (C).

Tipo de Vehículo	Porcentaje de Vehículos	Transito Promedio Diario
% A	98	2301
% B	0	8
% C	2	46

Tipo de Vehículo	Porcentaje de Vehículos	Transito Promedio Diario
% C2P	61	28
% C2G	28	13
% C3	9	4
% C5	2	1
% >C5	0	0
SUMA (%)	**100**	**2355**

Fuente: Elaboración propia.
Tabla 5 Calculo del TPDs Estación de Conteo 1.

5 CALCULO DEL NUMERO DE EJES EQUIVALENTES

En este numeral, se calcula el número de ejes equivalentes asociado al periodo de diseño (N); de igual forma, se calcula el espectro de carga por medio de ecuaciones que permiten conocer esta variable cuando no se cuenta con información de estaciones de pesaje. A continuación, se ilustra el proceso secuencial y las variables necesarias para calcular las variables acá referenciadas.

5.1 Periodo de diseño.

Los periodos de diseño pueden variar entre 10 y 30 años según la categoría de la vía seleccionada, para este caso consideramos un periodo de diseño de 20 años, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento rígido, en el caso que exista una buena certidumbre en el análisis de las variables de diseño.

5.2 Distribución direccional y por carril de vehículos pesados.

Mediante observación, se determina la distribución direccional (Fs) de los vehículos comerciales o bien se adopta una distribución del 50% en cada dirección en función del número de carriles en cada sentido, para lo cual se recomienda la **tabla 6** de la cual se infiere que el factor direccional es igual a 0.50, y el factor carril (Fc) es igual a 1.

Clasificación de la vía	% por dirección	% para el carril de diseño	% del Tpd en el carril de diseño
Autopistas y vías multicarril con tres carriles por dirección	50	75	37,5
Autopistas y vías multicarril con dos carriles por dirección	50	90	45,0
Carreteras anchas y de dos direcciones	50	100	50
Carreteras de dos direcciones y con ancho medio	100	75	75
Carreteras estrechas y de dos direcciones	100	100	100

Fuente: INVIAS. Manual de diseño de pavimentos de concreto.
Tabla 6 Factor de distribución por carril.

5.3 Factor daño.

Para realizar el cálculo del factor daño de un vehículo se utilizó el método de la AASHTO simplificado o método de la cuarta potencia (**ilustración 8**), por lo que es necesario conocer la clasificación, peso máximo bruto, cargas por ejes en toneladas para lo cual se emplean los valores establecidos según la resolución 4100 de 2004 del INVIAS, ver **tabla 7 e ilustración 9.**

La **ilustración 10**, esquematiza los camiones que típicamente se observan en las carreteras colombianas, los cuales, se pueden relacionar según el número de llantas, número de ejes y el peso por eje para poder calcular el factor daño por cada eje. La **tabla 8** consigna el cálculo del factor daño por eje.

$$f_e = \left(\frac{q}{6.6}\right)^4, \quad \text{para eje simple delantero de una rueda en cada esquina}$$

$$f_e = \left(\frac{q}{8.2}\right)^4, \quad \text{para eje simple trasero de dos ruedas en cada esquina}$$

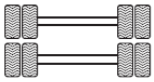
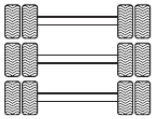
$$f_e = \left(\frac{q}{15}\right)^4, \quad \text{para eje tándem de dos ruedas en cada esquina}$$

$$f_e = \left(\frac{q}{23}\right)^4, \quad \text{para eje tándem de dos ruedas en cada esquina}$$

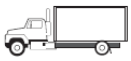
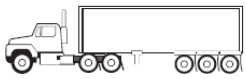
Fuente: Pavimentos, Materiales, construcción y diseño, Freddy Alberto Reyes Lizcano
Ilustración 8 Ecuaciones para el cálculo del factor daño por eje

Tipo de eje	Peso máximo por eje, kg
Eje sencillo	
Dos llantas	6,000
Cuatro llantas	11,000
Eje tándem	
Cuatro llantas	11,000
Seis llantas	17,000
Ocho llantas	22,000
Eje trídem	
Seis llantas	16,500
Ocho llantas	19,000
Diez llantas	21,500
Doce llantas	24,000

Fuente: Manual de diseño de bajo volumen de tránsito (Resolución 2100 de 2004)
Tabla 7 Clasificación de ejes y peso en kg

Descripción	Configuración	Peso, t
Eje simple direccional		6.0
Eje simple llanta doble		11.0
Eje tándem llanta doble		22.0
Eje tridem llanta doble		24.0

Fuente: Manual de diseño de bajo volumen de tránsito (Resolución 2100 de 2004)
Ilustración 9 Esquematización de los diferentes tipos de ejes y su carga máxima

Designación	Configuración	Descripción
2		Camión de dos ejes Camión sencillo
3		Camión de tres ejes Dobletroque
3S2		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes
3S3		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes

Fuente: Manual de diseño de bajo volumen de tránsito (Resolución 2100 de 2004)
Ilustración 10 Representación esquemática de los vehículos de transporte de carga más comunes en el país

Tipo	Peso Bruto Máximo (Ton)	Carga (Ton)			Carga (Ton)			Calculo FD
		Eje Delantero	Eje Trasero	Eje Remolque	Eje Delantero	Eje Trasero	Eje Remolque	
Bus	10	4	6		0.13	0.29		**0.42**
Camión C2 Pequeño	8.5	2.5	6		0.02	0.29		**0.31**
Camión C2 Grande	17	6	11		0.68	3.24		**3.92**
Camión C3	28	6	22		0.68	4.63		**5.31**
Camión C5	48	6	21	21	0.68	3.84	3.84	**8.37**
Camión C3-S3	52	6	22	24	0.68	4.63	1.19	**6.50**

Fuente: Elaboración propia.
Tabla 8 Calculo del factor daño

5.4 Tasa de crecimiento

En caso de no disponer de una serie histórica, para determinar el pronóstico del tránsito futuro se puede establecer la tasa de crecimiento con base a la información registrada en la **tabla 9.**

Nivel de tránsito	Tasa de crecimiento
T1	2.0
T2	3.0

Fuente: Manual de diseño pavimentos asfalticos para vías bajos volúmenes de tránsito.
Tabla 9 Tasas promedio de crecimiento del tránsito.

5.5 Calculo transito equivalente al eje de referencia de 8.2 Tn, periodo de diseño.

Para el cálculo del tránsito equivalente la variable de tránsito se considera como una de las variables más subjetivas durante el diseño de pavimentos. El número de ejes equivalentes de 8.2 tn se puede hallar por medio de la **ecuación 1.** De igual forma se calcula el espectro de cargas (**ecuación** 2) por cada eje según el número de vehículos diarios por medio de la **ecuación 2.**

$$N = Nd * 365 * Fs * Fc * \frac{(1+r)^n - 1}{r} \qquad EC\ 1$$

$$N = Nvdi * 365 * Fs * Fc * \frac{(1+r)^n - 1}{r} \qquad EC\ 2$$

Donde

- ✓ *N = Numero de ejes equivalentes de 8.2 Tn.*
- ✓ *Nd = Transito equivalente diario =* $\Sigma(Nvdi * Fdi)$
- ✓ *Ndi = Numero de vehículos diarios según distribución de vehículos.*
- ✓ *Fd = Factor daño de cada vehículo.*
- ✓ *Fs = Factor sentido.*
- ✓ *Fc =factor carril.*
- ✓ *.r = Tasa de crecimiento.*
- ✓ *.n = Periodo de diseño en años.*

A continuación, se presentan los cálculos obtenidos de tránsito equivalente diario asociado al periodo de diseño de las dos estaciones de aforo contempladas para la planificación del tránsito mediante la **ecuación 1**, que no es más que el número acumulado de ejes equivalentes de 8.2 Ton en el carril de diseño durante el periodo de diseño, adicional se presenta el espectro de carga ver **tablas 11.**

Calculo Transito Equivalente Diario y Total			
TPD	2355	**Tasa de Crecimiento**	3
Factor Sentido	0.5	**Factor Carril**	1
		Periodo de Diseño (Años)	20

Vehiculos	Porcentaje (%)	Numero de Vehiculos Diarios	Factor Daño	Transito Equivalente Diario
Vehiculos		2355		
Autos	98	2301	0.00	0
Buses	0	8	0.42	3
Camiones	2	46		
C2P	61	28	0.31	9
C2G	28	13	3.92	51
C3	9	4	5.31	21
C3S2	2	1	8.37	8
C3S3	0	0	6.50	0
Transito Equivalente Diario				**93**
Transito Equivalente Total Acumulado				**454145**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10 Calculo del número de ejes equivalentes Estación de Conteo 1.

Información por Calculo Espectro de Carga											
Vehiculos	Numero de Vehiculos Acumulados	Simples de Rueda Simple (Tn)				Simple de Rueda Doble (Tn)		Tandem (Tn)			Tridem
		2.5	4	6	7	6	11	20	21	22	24
Vehiculos											
Autos	11283744										
Buses	39231		39231			39231					
Camiones											
C2P	137308	137308				137308					
C2G	63750			63750			63750				
C3	19615			19615						19615	
C3S2	4904			4904					9808		
C3S3	0			0						0	0
TOTAL	**11548551**	**137308**	**39231**	**88269**	**0**	**176538**	**63750**	**0**	**9808**	**19615**	**0**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11 Información para el cálculo de espectro de carga Estación de Conteo 1.

5.6 Clasificación de la vía en función del nivel de transito

Según el número de ejes equivalentes de 8.2 ton, para la estación de conteo (**454,145**). Teniendo en cuenta lo anterior y la **tabla 12** se concluyó que la vía tiene un nivel de tránsito NT1, para la estación de conteo, para el diseño de pavimento rígido, de acuerdo al libro Pavimentos, materiales, construcción y diseño de Freddy Reyes.

Número de ejes equivalentes de 80 kN que circulan en el carril y período de diseño x 10^6								
Invías (2013)			IDU (2011)					
NT1	NT2	NT3	T0	T1	T2	T3	T4	T5
<0.5	0.5-5.0	>5.0	<0.2	0.2-0.5	0.5-1.5	1.5-3.0	3.0-7.5	>7.5

Fuente: Pavimentos, materiales, construcción y diseño, Freddy Alberto Reyes
Tabla 12 Categoría de tránsito de acuerdo con INVIAS 2013.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ Las vías por construir se encuentran localizadas en la zona urbana del municipio de Montería, departamento de Córdoba, específicamente en las vías de la clínica del IMAT, en los tramos: Calle 68 Entre Carrera 9a Y Carrera 10, Carrera 13 Entre Calle 68 Y 72, Calle 73 Entre Aven Circunvalar Y Cra 7, Carrera 7 Hasta Calle 73.
- ✓ El transito equivalente para la estación de conteo es de **454,145** ejes equivalentes de 8.2 Ton respectivamente.
- ✓ El método de aforo empleado por esta consultoría para determinar el número de vehículos fue el conteo manual durante un periodo de 3 días.
- ✓ Se calculó un tránsito normal para las estaciones de conteo. Ver **tabla 13.**

ESTACIÓN DE CONTEO	SUMA
1	2355

Fuente: Elaboración propia.
Tabla 13 Calculo de tránsito TN estación de conteo.

- ✓ El transito se calculó para un periodo de diseño de 20 años, factor direccional de 0.50, factor por carril de 1 y una tasa de crecimiento igual a 3.0%.
- ✓ Durante la etapa de construcción se recomienda emplear el eje de rueda doble de 22 toneladas ya que es el valor que más daño realiza a la subrasante.