



## METODOLOGÍA Y CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) A PARTIR DE CONTEOS CLASIFICADOS MANUALES, ESTUDIO DE CASO NICARAGUA

### METHODOLOGY AND CRITERIA FOR DETERMINING ANNUAL AVERAGE DAILY TRAFFIC (TPDA) FROM MANUAL CLASSIFIED COUNTS, CASE STUDY, NICARAGUA

*Sergio Junior Navarro Hudiel<sup>1</sup>  
Oliver Josué Rivera Gutiérrez<sup>2</sup>*

*(Recibido/received: 18-abril-2024; aceptado/accepted: 05-junio-2024)*

**RESUMEN:** La determinación de la tasa de crecimiento del tránsito vehicular es la principal variable en el cálculo de Ejes de Carga Simple Equivalentes, estos datos también son requeridos para el diseño de los espesores de pavimentos y otras aplicaciones de la Ingeniería de tránsito. En Nicaragua los anuarios estadísticos de tráfico, publicados por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), tienen datos limitados por no incluir toda la red vial, por lo que es necesario realizar aforos manuales y a partir del análisis de dependencia y correlaciones determinar el tráfico proyectado para los conteos clasificados realizados. Debido a las características del tráfico, impactos post COVID y datos disponibles se requiere incluir nuevos criterios para la selección de tasas de crecimiento. Este artículo, basado en un estudio de caso, propone metodología para la inclusión o exclusión de valores para su análisis, así como un procedimiento basado en recomendaciones de normativas nacionales, análisis de datos históricos y actuales tanto del tráfico, así como de variables macroeconómicas.

**PALABRAS CLAVE:** Aforo vehicular, Tránsito promedio diario anual, Conteos clasificados manuales.

**ABSTRACT:** The determination of the growth rate of vehicular traffic is the main variable in the calculation of Equivalent Simple Load Axes required for the design of pavement thicknesses and other applications of traffic engineering. In Nicaragua, traffic statistical yearbooks, published by the Ministry of Transportation and Infrastructure, have limited data because they do not include the entire road network, so it is necessary to perform manual gauging and, based on the analysis of dependency and correlations, determine the projected traffic for the classified counts performed. Due to traffic characteristics, post COVID impacts and available data, it is necessary to establish criteria for the selection of

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua, Docente Titular, Sergio.Navarro@norte.uni.edu.ni, <https://orcid.org/0000-0002-7001-5860>

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua, Docente Adjunto, Oliver.rivera@ftc.uni.edu.ni

growth rates. This article, based on a case study, proposes a methodology for the inclusion or exclusion of values for analysis as well as a procedure based on recommendations of national regulations, analysis of historical and current traffic data as well as macroeconomic variables.

**KEYWORDS:** Vehicle capacity, Annual average daily traffic, Manual classified counts.

## **INTRODUCCIÓN**

En Nicaragua existen anuarios estadísticos del tránsito vehicular circulante por red vial en el que se presentan datos históricos por tipo de vehículo, acorde a los tipos de estaciones de conteo, sin embargo, dado que se requiere determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para estaciones de conteo distantes de las principales de referencia, generalmente a partir de conteos manuales, es necesario el establecimiento e implementación de una metodología que pudiese ser generalizada para el cálculo correspondiente.

Navarro y Bustamante (2021a, 2021b) han propuesto una metodología de trabajo en correspondencia con MTI (2023) y MTI (2021) para ser usada como referente en Nicaragua, sin embargo, no se integra las variables macroeconómicas para terminación de tasas de crecimiento, así como los históricos del comportamiento de las estaciones de conteo más cercanas (Navarro y Juárez, 2023). Se propone el análisis de tasas de crecimiento considerando criterios de exclusión para tasas con valores superiores a históricos de Estaciones de conteo de mayor cobertura, crecimiento del parque vehículo, así como producto interno Bruto.

La correcta selección de tasas de crecimiento permitirá determinar las cargas actuales y futuras de manera adecuada, contribuyendo al diseño adecuado de espesores de pavimentos, el diseño geométrico, evaluaciones de situaciones ingenieriles de tránsito y la aplicación de criterios en los profesionales en problemas relacionados al flujo vehicular. Se propone una metodología para la determinación actual del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) necesario para las proyecciones futuras de los volúmenes de vehículos que pasarán por una sección transversal de una carretera acorde al periodo de diseño considerando ecuaciones base de cálculo y criterios de inclusión, así como exclusión para ser aplicable en Nicaragua.

## **METODOLOGÍA**

En correspondencia con Mar et al. (2020), Hernández et al. (2014) y Monje (2011) el tipo de estudio es descriptivo, explicativo y cuantitativo, ya que se describen y analizan los registros históricos de aforo vehiculares clasificados por tipo de estación del periodo 2007-2021 publicados por la Oficina de Diagnóstico y Evaluación de la División de Administración Vial del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) en Nicaragua. A partir de los resultados se establecieron criterios generales para su aplicación en la determinación de

tasas de crecimiento para un tramo carretero que no esté en las estaciones de conteo principales publicadas por el MTI (2023).

Los datos fueron analizados aplicando la estadística descriptiva utilizando el software InfoStat y hojas de cálculo de Microsoft Excel 2019. Las principales variables analizadas fueron Volumen de tránsito, Tránsito promedio Diario Anual (TPDA), Tipología vehicular, crecimiento histórico, estaciones de conteo de tráfico, Tasas de crecimiento interanual y por periodos extremos en referente a los descritos por la Oficina de Diagnóstico y Evaluación de Pavimentos y Puentes considerando el cálculo a partir de años base acorde a un periodo de análisis. Se desarrolla un caso de estudio perteneciente al tramo carretero La Trinidad-Comunidad Las Ánimas, ubicado en el Municipio de Estelí, departamento de Estelí en Nicaragua.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Como afirmó Corredor (2011), es fácil pensar que realizar un aforo (Conteo) vehicular es una actividad sencilla y sin importancia, así como el por qué evaluar la cantidad de vehículos, bicicletas o peatones en cualquier sección de una carretera, intersección o sitio de interés. ¿Se imagina usted que no se tuvieran alguna estadística del comportamiento y crecimiento de un parque automotor a nivel local y nacional?, entonces ¿Colapsarían todos los sistemas y dispositivos de control de tránsito? ¿Cómo se podría monitorear los problemas de circulación vial y definir políticas de trabajo entorno a los problemas de tránsito?, con estas y otras preguntas aplicadas a la ingeniería civil no hay duda que son muchos los usos que tiene la ingeniería de tránsito en casos como la determinación de las Cargas actuales y futuras (Diseño intersecciones y carreteras) - Estimación de ejes equivalentes de carga Simple (Equivalente Single Axle Load - ESAL), Consumos combustible y políticas, Priorización red vial en inversiones, Mejoras en obras de cruce, seguridad vial, niveles de servicios, evaluar servicios y realizar estándares de diseño, planificación, programa y diseño geométrico y evaluaciones operativas y de servicio entre otros (Cal y Mayor, 2018).

En Nicaragua no se cuenta con estación automatizadas para toda la red vial, lo cual hace necesario realizar conteos clasificados para determinar la cantidad actual de vehículos que circulan por la vía, así como proyectar acorde a periodo de diseño de una obra vial. En generar los volúmenes futuros son complejos de estimar dado que no solamente se requiere de al menos un conteo de 12 horas diarias, sino que de toda una semana al menos una muestra de tres días, para que a partir de correlaciones y consideraciones con criterio experto pueda proponerse el Total de cantidad de vehículos que pasan actualmente y realizar proyecciones a futuro acorde a periodos de interés.

El principal referente en Nicaragua respecto a los volúmenes de tráfico está sistematizado en los Anuario de aforos de tráfico, publicados por la Oficina de Diagnóstico, Evaluación de Pavimentos y Puentes, División General de Planificación, División de Administración Vial del Ministerio de Transporte e Infraestructura en la cual se disponen de Estaciones de

Mayor Cobertura (EMC con conteos continuos los 365 días al año por 24 horas por día ubicadas en las carreteras principales), Estaciones de Corta Duración (ECD) donde el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) representa flujos mayores de 500 vehículos por día y las estación de Conteo Sumaria (ECS) con volúmenes menores a 500 (MTI, 2023, p.14). En Nicaragua desde el año 2022 se cuenta con equipos especializados para el conteo de tráfico vehicular en las principales estaciones, ver figura 1.

La adquisición de Equipos Piezoeléctricos especializados para la realización de aforos de tráfico en las Estaciones de Mayor Cobertura con el propósito de mejorar la calidad de la información de los Aforos de Tráfico. Estos equipos realizan una excelente clasificación por separación y distancia entre ejes agrupados en 15 clases. A fin de conocer anualmente los volúmenes y clasificación vehicular para obtener los factores de expansión con una mayor precisión que nos permitan proyectar los Tránsito Promedio Diario (TPD) en estaciones de corta duración y sumarias a Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). MTI (2022, p. 27).



Figura 1. Equipos Piezoeléctricos en estaciones Principales de Conteo  
Fuente: Anuario de Aforos de tráfico, MTI (2022, p.27)

Tanto para las estaciones de Corta Duración y estaciones de Conteo Sumaria, se realizarán conteos clasificados por 12 horas continuas diurnas (6:00 a.m. – 6:00 p.m.) por tres días consecutivos que en general son los martes, miércoles y jueves (MTI, 2023, p.10).

En la tabla 1 se muestran las tasas ponderadas de crecimiento para las estaciones de mayor cobertura en la cual los rangos varías de 2.76% a 8.23% con un promedio de 4.64% para el año 2020. En el año 2022 representa una tasa ponderada del 3.81% como se muestra en tabla 2.

Tabla 1. Tasa Históricas de crecimiento vehicular para Estaciones de Conteo Principales

N°	Código NIC	EST.	Nombre del tramo	Tasas										
				2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	NIC-1	101B	Zona Franca - La Garita	2.08%	0.70%	1.90%	2.31%	2.42%	3.34%	4.53%	4.92%	3.40%	2.66%	2.95%
2	NIC-1	107	Sébaco - Emp. San Isidro	3.04%	4.59%	4.75%	4.60%	4.79%	5.16%	5.66%	6.35%	5.56%	5.44%	5.49%
3	NIC-2	200	Entrada al INCAE - El Crucero	2.52%	4.14%	4.30%	4.07%	4.54%	4.90%	5.10%	5.17%	4.34%	4.59%	4.39%
4	NIC-3	300	Sébaco - Quebrada Honda	4.94%	4.27%	4.83%	4.30%	4.68%	5.35%	6.13%	5.54%	5.31%	5.13%	5.15%
5	NIC-4	401	Masaya - Granada	0.04%	2.42%	2.51%	3.44%	2.90%	3.80%	4.60%	4.65%	4.20%	3.51%	3.01%
6	NIC-7	700	Emp. San Francisco - Tecolostote	5.73%	5.10%	5.40%	5.28%	5.00%	5.36%	5.49%	6.17%	5.24%	5.04%	2.76%
7	NIC-12A	1205	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega	4.73%	5.10%	5.47%	5.47%	4.51%	5.72%	6.01%	5.56%	5.16%	4.97%	4.79%
8	NIC-18A	1802	San Marcos - Masatepe	5.36%	5.49%	7.55%	6.49%	6.90%	6.96%	7.59%	7.38%	7.32%	6.57%	6.74%
9	NIC-24A	2404	Chinandega - Corinto	3.73%	6.72%	8.60%	7.97%	8.14%	9.12%	8.99%	8.90%	7.60%	8.89%	8.23%
10	NIC-24B	2400	Chinandega (Rotonda) - Rancheria	-	8.68%	7.68%	7.39%	7.60%	7.67%	7.33%	6.78%	6.44%	6.07%	5.69%
11	NIC-28	2803	Nagarote - La Paz Centro	1.43%	4.56%	5.07%	4.65%	5.10%	4.04%	4.22%	4.58%	3.09%	2.69%	3.05%
TASA PONDERADA POR AÑO				3.36%	4.71%	5.28%	5.09%	5.14%	5.58%	5.97%	6.00%	5.24%	5.05%	4.75%

Fuente: MTI (2021, p. 14)

Tabla 2. Tasa de crecimiento de las principales estaciones.

N°	Código NIC	Est.	Nombre del tramo	% Tasa 2022
1	NIC-1	116B	Ent. Tipitapa - Emp. San Benito	2.40
2	NIC-1	107	Sébaco - Emp. San Isidro	5.34
3	NIC-2	200	Entrada al INCAE - El Crucero	4.67
4	NIC-2	206	Emp. Grajinan - Rivas	2.93
5	NIC-3	300	Sébaco - Emp. Guayacán	5.11
6	NIC-4	401	Masaya - Granada	3.97
7	NIC-7	703	Tecolostote - Juigalpa	6.66
8	NIC-12A	1211	Emp. Telica - Emp. Quezalguaque	1.14
9	NIC-21B	2104	Matigúas - Río Blanco	2.35
10	NIC-24B	2406	Emp. Villa Nueva - Somotillo	3.61
11	NIC-28	2803	Nagarote - La Paz Centro	3.77
TASA PONDERADA				3.81

Fuente: MTI (2022, p.27)

En correspondencia con lo antes descrito, en la tabla 3 y tabla 4 se muestra los valores de tasas de crecimiento acorde a clasificación funcional de la red vial básica y las tasas de crecimiento por tipo de carreteras acorde a clasificación del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI (2022).

Tabla 3. Tasa de crecimiento interanual acorde al TPDA Total

Año	Troncal Principal	Troncal Secundaria	Colectora Principal	Colectora Secundaria	Vecinal	TPDA Total	Tasa de Crecimiento Interanual
2007	741,529	50,018	83,265	54,286	42,650	971,748	
2008	762,653	51,334	97,085	62,547	46,214	1,019,833	4.95%
2009	801,352	51,248	99,305	67,913	51,213	1,071,031	5.02%
2010	804,874	56,492	102,666	77,776	52,362	1,094,170	2.16%

Año	Troncal Principal	Troncal Secundaria	Colectora Principal	Colectora Secundaria	Vecinal	TPDA Total	Tasa de Crecimiento Interanual
2011	818,768	58,106	108,665	80,935	55,120	1,121,594	2.51%
2012	840,981	62,576	115,099	81,176	55,778	1,155,610	3.03%
2013	830,012	65,041	132,331	87,741	60,312	1,175,437	1.72%
2014	863,450	71,371	143,697	92,370	62,755	1,233,643	4.95%
2015	951,313	75,100	144,071	96,862	68,780	1,336,126	8.31%
2016	997,692	87,742	149,198	100,260	68,393	1,403,286	5.03%
2017	1,139,926	91,463	160,037	106,315	67,714	1,565,456	11.56%
2018	1,132,215	104,214	164,959	101,124	74,433	1,576,945	0.73%
2019	1,212,742	115,418	186,968	120,892	78,398	1,714,418	8.72%
2020	1,167,966	135,189	196,529	132,730	96,066	1,728,481	0.82%

Fuente: MTI (2021, p. 25)

Tabla 4: Tasas de crecimiento interanual por tipo de carretera acorde a MTI

Periodo	Troncal Principal	Troncal Secundaria	Colectora Principal	Colectora Secundaria	Vecinal
2007-2008	2.85%	2.63%	16.60%	15.22%	8.36%
2008-2009	5.07%	-0.17%	2.29%	8.58%	10.82%
2010-2100	0.44%	10.23%	3.38%	14.52%	2.24%
2010-2011	1.73%	2.86%	5.84%	4.06%	5.27%
2011-2012	2.71%	7.69%	5.92%	0.30%	1.19%
2012-2013	-1.30%	3.94%	14.97%	8.09%	8.13%
2013-2014	4.03%	9.73%	8.59%	5.28%	4.05%

Periodo	Troncal Principal	Troncal Secundaria	Colectora Principal	Colectora Secundaria	Vecinal
2014-2015	10.18%	5.22%	0.26%	4.86%	9.60%
2015-2016	4.88%	16.83%	3.56%	3.51%	-0.56%
2016-2017	14.26%	4.24%	7.26%	6.04%	-0.99%
2017-2018	-0.68%	13.94%	3.08%	-4.88%	9.92%
2018-2019	7.11%	10.75%	13.34%	19.55%	5.33%
2019-2020	-3.69%	17.13%	5.11%	9.79%	22.54%

Fuente: Elaborado a partir de Anuario de Aforos de tráfico MTI (2021, p.25)

Del análisis del comportamiento histórico de las tasas de crecimiento, aplicando criterio de exclusión de las negativas, se obtuvo que las tasas de crecimiento por tipo de carretera son: Troncal Principal 5.33%, Troncal Secundaria 8.77%, Colectora Principal 6.94%, Colectora secundaria 8.32% y vecinal de 7.95%.

Aplicando la media geométrica la tasa máxima, que podría adoptada como criterio de discriminante es de 7.35%.

Al igual que el Producto Interno Bruto del País, el Crecimiento de Parque vehicular proporciona un referente adicional clave para evaluar el flujo vehicular y su crecimiento, información para predecir su comportamiento (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008), cuyo valor promedio del año 2010 al 2022 es de 8.52%. En la tabla 5 se muestran las tasas de crecimiento.

Tabla 5: Tasa de crecimiento Interanual del parque vehicular en Nicaragua

Año	Parque vehicular	Periodo	Tasa crecimiento interanual
2010	441,644		
2011	455,558	2010-2011	3.15%
2012	511,631	2011-2012	12.31%
2013	534,931	2012-2013	4.55%
2014	609,590	2013-2014	13.96%
2015	646,935	2014-2015	6.13%
2016	772,112	2015-2016	19.35%

Año	Parque vehicular	Periodo	Tasa crecimiento interanual
2017	876,727	2016-2017	13.55%
2018	950,762	2017-2018	8.44%
2019	1,001,324	2018-2019	5.32%
2020	1,051,801	2019-2020	5.04%
2021	1,077,166	2020-2021	2.41%
2022	1,164,300	2021-2022	8.09%

Fuente: Cálculo a partir de Anuario de Aforos de tráfico, MTI (2021, p. 18)

En Nicaragua se han categorizados los niveles de tráfico de los cuales la clasificación vehicular y composición típica del tráfico se muestra en las tablas 6 y 7.

Tabla 6. Niveles de tráfico categorizados en general para Nicaragua.

N°	Niveles de Tráfico	Mínimo TPDA	Máximo TPDA	Promedio TPDA
1	T1	0	10	5
2	T2	10	30	20
3	T3	30	100	65
4	T4	100	300	200
5	T5	300	1000	650
6	T6	1000	3000	2000
7	T7	3000	10000	6500
8	T8	10000	30000	20000
9	T9	30000	100000	65000

Fuente (MTI, 2022, P. 19)

Tabla 7. Niveles de tráfico categorizados por tipología para Nicaragua

Tráfico	Motos	Autos	Jeep	Camioneta	Micro + Mini Bus	Bus	Camión Liviano	Camión Mediano	Camión Pesado	Camión Articulado
T1	12	1		2		3	3			
T2	108		1	29		18	16	12		
T3	1,803	71	145	961	74	157	212	210	45	21
T4	14,339	1,133	887	6,675	395	951	1,748	1,343	228	218
T5	41,543	8,527	2,786	17,143	1,528	2,722	4,153	3,899	1,285	1,146
T6	92,672	37,042	8,877	43,848	5,104	6,708	10,914	10,186	4,533	9,901
T7	111,920	92,878	25,133	76,710	21,025	14,412	23,716	16,815	6,882	18,729
T8	84,074	88,247	22,109	55,425	13,981	9,290	16,487	9,453	3,519	10,816
T9	114,330	258,056	84,782	107,425	32,182	15,652	25,202	10,188	4,061	8,231
Total	460801	485955	144720	308218	74289	49913	82451	52106	20553	49062
%	26.67%	28.12%	8.37%	17.84%	4.30%	2.89%	4.77%	3.02%	1.19%	2.84%

Fuente (MTI, 2022, p. 20)

Los pasos a seguir para la determinación de tasas de crecimiento son:

- Afore o realice un conteo clasificado por al menos tres días o una semana completa de mediciones basadas en la clasificación del vehículo sugerida por MTI y los objetivos recomendados.
- Identifique las estaciones de conteo geográficamente más cercanas para analizar el historial de TPDA.
- Determine los vectores correspondientes para que las estaciones de conteo utilicen factores diarios, factores semanales y factores de expansión.
- Analice y correlacione registros históricos de TPDA según el tipo de sitio.
- Evalúe la tasa de crecimiento de la estación maestra o principal, la estación de Sumarias y la estación de control.
- Establecer relaciones con variables macroeconómicas.
- Analizar, seleccionar y justificar tasas de crecimiento

Como estudio de caso para la determinación de tasa de crecimiento se empleará el tramo carretero perteneciente a el tramo La Trinidad - Comunidad Las Ánimas, , Municipio La Trinidad, Departamento de Estelí en Nicaragua mostrado en la figura 2. A partir de este, se detallan los criterios de análisis y selección para la determinación de la tasa de crecimiento para su posterior uso en las aplicaciones de la ingeniería de tránsito, en particular en la determinación de los Ejes equivalentes de Carga Simple (ESAL ' - Equivalent Single Axle Load). Cabe indicar que esta metodología, basada en estudio de caso, podrá contribuir como referente para hacer uso adecuado de anuarios estadísticos, selección de tasas de crecimientos aplicando los referentes establecidos por el Ministerio de Transporte e Infraestructura en Nicaragua.

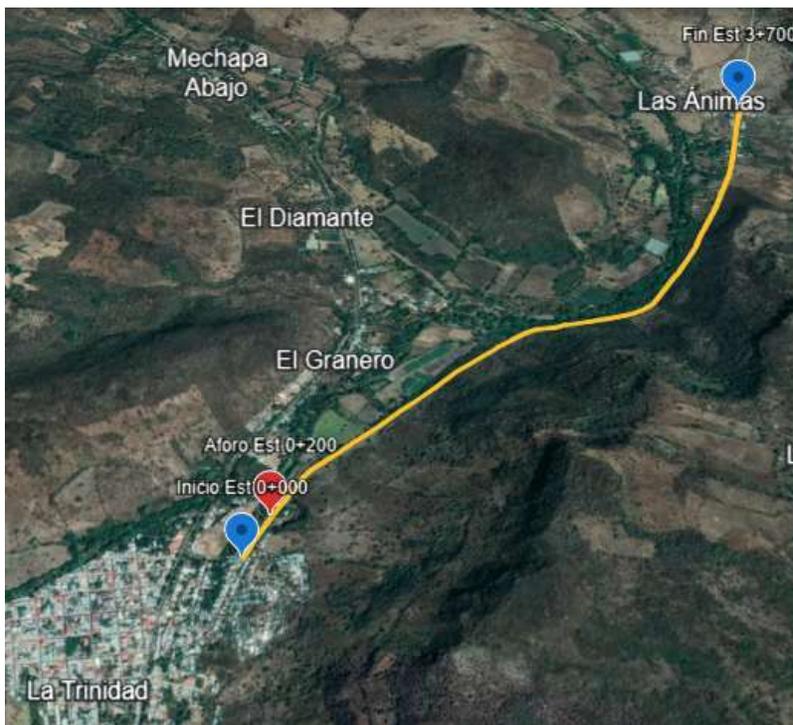


Figura 2. Ubicación de estación de aforo del tramo La Trinidad-Comunidad Las Ánimas  
Fuente: Calderón y Sindy (2024, p.30)

Acorde a Anuario de Tráfico MTI (2020, pp. 5-6), el sistema de estadísticas de tráfico se transformó desde el año 2010 para establecer un nivel más aceptable de fiabilidad y calidad en la información generada, de forma que se obtendrán vectores de características correspondientes a Volumen de tráfico de la estación, perfil de flujo de tráfico y el grado de relación entre las diferentes estaciones de la red vial para estimar el Tránsito Promedio Diario Anual acorde a la ecuación:

$$TPDA = TP(D)_{12hrs} \times F_D \times F_E$$

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual

$TP(D)_{12hrs}$ : Tránsito Promedio Diurno de 12 horas

$F_D$ : Factor día

$F_E$ : Factor expansión

Acorde esta metodología, la clasificación del vector geográfico para el tramo en estudio La Trinidad – Comunidad Las Ánimas, que corresponde a un vector R3, expresando que se encuentra en la región central norte, ya que pertenece al departamento de Estelí mostrado en tabla 8.

Tabla 8. Vector geográfico

Regiones por código y departamento				
Nº1	Vector	Código	Nombre de Región	Departamentos
1	R1	PS	Pacífico Sur	Masaya, Granada, Carazo, Rivas
2	R2	PN	Pacífico Norte	León, Chinandega, Managua
<b>3</b>	<b>R3</b>	<b>CN</b>	<i>Central Norte</i>	<i>Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega, Matagalpa, Boaco, Chontales</i>
4	R4	AS	Atlántico Sur	Región Autónoma del Caribe Sur (RACS), Río San Juan
5	R5	AN	Atlántico Norte	Región Autónoma del Caribe Norte (RACN)

Fuente: Anuario de Afors de Tráfico (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2020, pág. 7).

Acorde lo establece el Anuario de Aforo de Tráfico del MTI (2020, pág. 7), cuando el vector volumen está comprendido en el rango mayor de 5,000 vehículos por día, este se clasificará como un V1; cuando se encuentre entre 300 a 5,000 vehículos por día, será un V2 y cuando sea menores de 300 vehículos por día, se tomará como V3. En este caso, el vector volumen identificado para el tramo en estudio es el V2, ya que en el conteo vehicular se muestra que la cantidad de vehículos se encuentra en el intervalo de 300 a 5,000 vehículos por día cuya composición porcentual se muestra en tabla 9 y 10.

Tabla 9. Cálculo de TPDA

Tramo: La Trinidad - Comunidad Las Ánimas		Estación: 0+200											
Sentido: Ambos Sentidos		Fecha: 18/09/23 - 24/09/23											
Fecha	Día	Vehículos pasajeros						Vehículos de Carga			Equipo Pesado	Total, Veh 12 hrs	
		Motos	Autos	Jeep	Camio-neta	Mc Bus	Bus	Liv 2-5 t	C2	C3	Veh. Const		
													
18/9/23	Lunes	497	22	11	159	5	6	21	17	7	0	745	
19/9/23	Martes	478	19	3	126	5	4	27	13	6	0	681	
20/9/23	Miércoles	384	25	3	105	6	6	14	14	2	0	559	
21/9/23	Jueves	399	19	4	94	5	6	13	8	2	1	551	
22/9/23	Viernes	422	12	9	127	5	6	12	12	4	0	609	
23/9/23	Sábado	493	17	3	144	0	6	27	12	2	0	704	
24/9/23	Domingo	253	5	0	75	0	0	4	2	1	0	340	
Total/ Veh.		2926	119	33	830	26	34	118	78	24	1	4189	
Total		3934						255				4189	
Veh / 12 hrs (%)		69.85%	2.84%	0.79%	19.81%	0.62%	0.81%	2.82%	1.86%	0.57%	0.02%	100%	
		% Vehículos livianos			93.91%			% Vehículos Pesados			6.09%	100%	

Tabla 10. Registros Históricos para Tramo Paso Hondo – Pueblo Nuevo

	Vehículos pasajeros						Vehículos de Carga			Equipo Pesado	Total
	Motos	Auto	Jeep	Camioneta	Mc Bus	Bus	Liv 2-5 t	C2	C3	Veh. Const	
<b>TPDS</b>	418	17	5	119	4	5	17	11	3	0	599
<b>TOTAL</b>	563						36				599
<b>%</b>	69.78%	2.84%	0.8%	19.87%	0.67%	0.83%	2.84%	1.84%	0.50%	0.00%	100%
	93.99%						6.01%				100%
	<b>% Vehículos livianos</b>						<b>% Vehículos Pesados</b>				

Fuente: MTI (2020, p. 236).

Para la selección de la estación con la cual se trabajó en la determinación del tránsito promedio diario anual (TPDA), geográficamente la más cercana es la estación 119 La Trinidad – Sacaclí, ya que, se encuentra en el tramo en estudio.

Sin embargo, los porcentajes de composición vehicular de esta estación corresponden al 100% de vehículos livianos, los cuales no son similares a los obtenidos en el aforo por lo que, se seleccionó la estación 313 Sacaclí – San Gabriel que es continuación del tramo La Trinidad – Sacaclí, debido a que presenta un 94% de vehículos livianos y 6% de vehículos pesados ver tablas 11 y 12).

Tabla 11. Tránsito promedio diario anual histórico por tipo de vehículo de la estación 119 La Trinidad – Sacaclí

N°	Código NIC	Est.	Tipo	Tramo	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta	Mc bus	Mn bus	Bus	Liv 2-5 t	C2 5+ t	C3	tx-sx<=4e	tx-sx>=5e	CX-RX<= 4e	CX-RX >= 5e	V.A	V.C	otros	TPDA				
364	NN-46	119	ECS	La Trinidad - Sacaclí	2019	20			11															31			
					2015	126	10	4	106	7	7		9	7	6							1				283	
					2008	65	8	5	88				6	13	17	3									1		206
					2002	6	10	5	32	1	1		8	1	2												66
					2000	13	7	5	51				8	7	6								1		1		98
<b>EMC: 1802</b>																											
<b>Tasa Crecimiento: 6.74%</b>					2020	21			12															33			
					<b>Liv. 33</b>						<b>Pesado</b>																
					100%																						

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2020, pág. 240).

Es preciso señalar que la estación 313 Sacaclí – San Gabriel, no solo es similar en la composición vehicular, sino que también presenta las mismas características económicas y sociales del tramo en estudio La Trinidad – Comunidad Las Ánimas, además tanto la estación 119 como la 313 se clasifican como estación de conteo sumaria y pertenecen a la estación de mayor cobertura 1802 San Marcos – Masatepe.

Tabla 12. Tránsito promedio diario anual histórico por tipo de vehículo de la estación 313 Sacaclí – San Gabriel

N°	Código NIC	Est.	Tipo	Tramo	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta	Mc bus	Mn bus	Bus	Liv 2-5 t	C2 5+ t	C3	Tx-sx<=4e	tx-sx>=5e	CX-rx<= 4e	CX-rx >= 5e	V.A	V.C	otros	TPDA			
365	NN-46	313	ECS	Sacaclí - San Gabriel	2015	90	1	1	14			3	5	1										115		
					2011	57		2	22			6	3	4												94
					2008	28	3	1	32			9	2	5												80
					2002	10	4	8	19	0		7	3	4												65
					<b>EMC: 1802</b>																					
<b>Tasa Crecimiento: 6.74%</b>																										
					2020	125	1	1	19			4	7	1									159			
						<b>Liv. 150</b>						<b>Pesado 9</b>														
						94%						6%														

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2020, pág. 240).

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), fue calculado utilizando la ecuación 1, la cual toma en consideración el factor de expansión y el factor día, que se encuentran en el anuario de aforos de tráfico del MTI (2020).

A continuación, en la tabla 13, se muestran los factores utilizados para realizar la expansión de TPDS a TPDA. Debido a que el aforo vehicular se realizó en la tercera semana el mes de septiembre, los valores correspondientes pertenecen al tercer cuatrimestre del año (conteo 3).

Tabla 13. Factores de expansión a TPDA tercer cuatrimestre del año septiembre – Diciembre de la estación de mayor cobertura 1802 San Marcos – Masatepe.

Factores	Vehículos pasajeros						Vehículos de Carga			Equipo Pesado
	Motos	Auto	Jeep	Cam	Mc Bus	Bus	Liv 2-5 t	C2	C3	Veh. Const
										
Factor Día	1.37	1.34	1.24	1.29	1.38	1.43	1.23	1.31	1.18	1
Factor Semana	0.94	1.03	1.08	1.01	0.95	0.9	0.9	0.86	0.89	1
Factor fin de semana	1.19	0.93	0.84	0.97	1.17	1.37	1.36	1.74	1.46	1
Factor Expansión TPDA	0.87	0.89	0.83	0.9	0.84	0.87	0.91	0.95	0.82	1

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2020, pág. 385).

Los resultados obtenidos de expansión del TPDS A TPDA por cada vehículo se muestran en la tabla 14 expresando un valor general de TPDA de 708 vpd (vehículos por día). Con los resultados obtenidos se determinó de forma porcentual la composición vehicular, la cual se compone de la siguiente manera: de los 708 vpd, el 94.07% corresponde a los vehículos livianos (motos, autos, jeep, camionetas, micro bus) y el 5.93%, representa los vehículos pesados (bus, liviano de carga, C2, C3, vehículo de construcción).

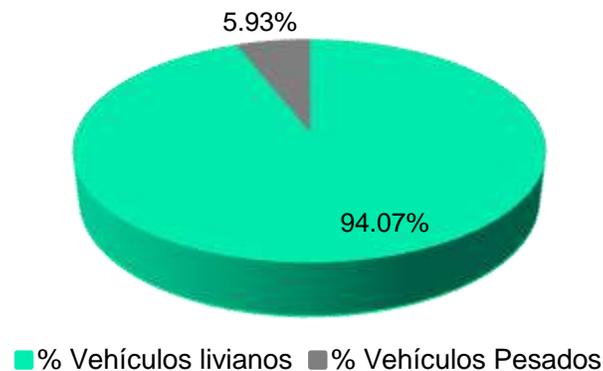


Figura 3. Composición vehicular TPDA (%) del tramo La Trinidad - Comunidad Las Ánimas Fuente: Calderón y Sindy (2024, p.30)

La composición vehicular de TPDA del tramo en estudio presenta similitud con los porcentajes de vehículos livianos y pesados de la estación de conteo sumaria 313 Sacacalí – San Gabriel, ya que presenta un 94% de vehículos livianos y 6% de vehículos pesados.

Tabla 14. Tránsito promedio diario anual (TPDA) del tramo La Trinidad - Comunidad Las Ánimas

Ubicación: Est.0+200		Ambos Sentidos					EMC: 1802 - San Marcos - Masatepe					Total, Veh 12 hrs
Tramo: La Trinidad - Comunidad Las Ánimas		ECS: 313 Sacacolí – San Gabriel										
							Vehículos pasajeros					Vehículos de Carga
	Motos	Auto	Jeep	Cam	Mc Bus	Bus	Liv 2-5 t	C2	C3	Veh. Const		
												
TPDS	418	17	5	119	4	5	17	11	3	0	599	
Factor día	1.37	1.34	1.24	1.29	1.38	1.43	1.23	1.31	1.18	1		
Factor Expansión	0.87	0.89	0.83	0.9	0.84	0.87	0.91	0.95	0.82	1		
TPDA	498	20	5	138	5	6	19	14	3	0	708	
% TPDA	70.34%	2.82%	0.71%	19.49%	0.71%	0.85%	2.68%	1.98%	0.42%	0.00%	100%	
TOTAL	666					42						
	94.07%					5.93%					100%	
	% Vehículos livianos					% Vehículos Pesados						

La figura 4, refleja que la mayor incidencia que presenta la proyección del TPDA, son las motocicletas, con una cantidad de 498, seguido por las camionetas con 138, en tercer lugar, se encuentran los autos con 20, 19 que corresponden a los livianos de carga (2-5 ton) y, por último, están los camiones C2 con 14.

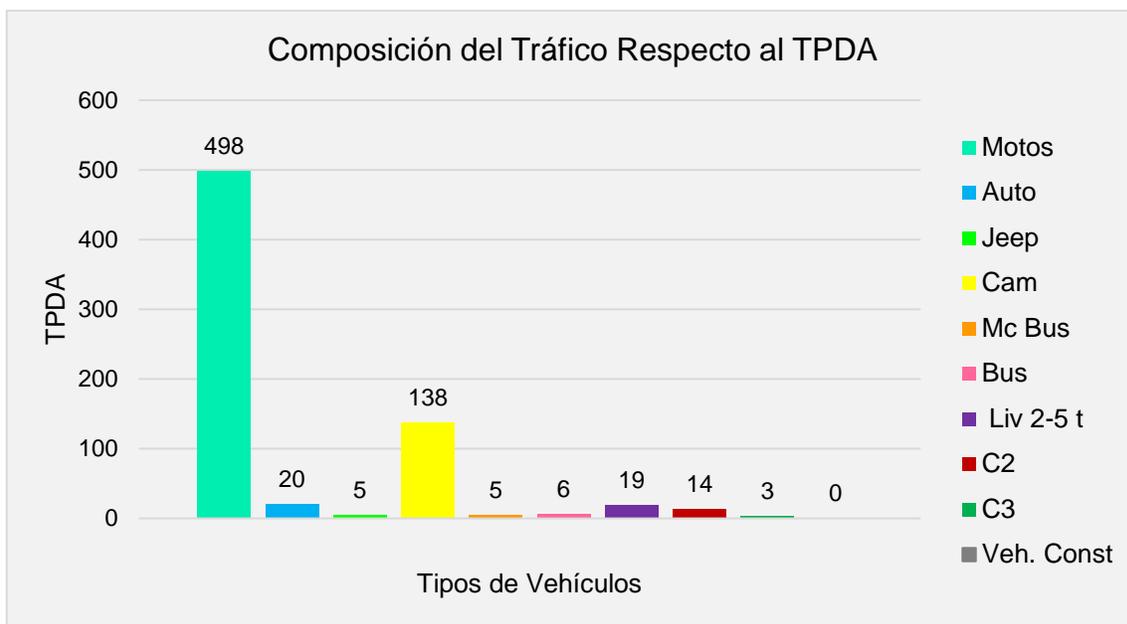


Figura 4. Composición vehicular respecto al TPDA del tramo La Trinidad - Comunidad Las Ánimas

En la tabla 15, se puede observar que existe una leve variación en los porcentajes de vehículos livianos y pesados del TPDA de la estación de mayor cobertura 1802, San Marcos Masatepe, dado que presenta un 91.1% de vehículos livianos y 8.8% de vehículos pesados en comparación con el tramo La Trinidad – Comunidad Las Ánimas cuyos porcentajes son de 94.07% para vehículos livianos y 5.93% para vehículos pesados.

Tabla 15. Porcentaje vehicular de estaciones de mayor cobertura

Porcentaje Vehicular de Estaciones de Mayor Cobertura								
N°	Est.	Nombre de Tramo	TPDA	Total, Pesado	$\sum Tx-Sx$ y $Cx-Rx$	% de liviano	% de pesado	% Tx-Sx y Cx-Rx veh de carga
1	101B	Zona Franca - La Garita	24,523	5,291	956	78.3%	21.6%	18.1%
2	1205	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega	10,585	2,614	934	75.0%	24.7%	35.7%
3	200	Entrada INCAE - El Crucero	9,403	1,183	283	87.3%	12.6%	23.9%
4	1802	San Marcos - Masatepe	9,392	830	69	91.1%	8.8%	8.3%

5	401	Masaya - Granada	8,882	1,074	69	87.8%	12.1%	6.4%
6	107	Sébaco - Emp. San Isidro	7,877	1,797	463	77.0%	22.8%	25.8%
7	300	Sébaco - Quebrada Honda	6,270	1,459	200	76.5%	23.3%	13.7%
8	2803	Nagarote-La Paz Centro	6,058	2,227	1,106	62.8%	36.8%	49.7%
9	2404	Chinandega - Corinto	5,471	1,754	1,110	67.7%	32.1%	63.3%
10	2400	Chinandega (Rotonda) - Ranchería	4,019	686	166	81.1%	17.1%	24.2%
11	700	Emp. San Francisco - Tecolostote	2,024	638	96	68.3%	31.5%	15.0%

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2020, pág. 13).

La tasa de crecimiento vehicular es un parámetro el cual depende no sólo de los registros estadísticos que se hayan obtenido de los conteos vehiculares, sino también de otros factores tales como el crecimiento de la población en la zona (POB) y las condiciones socioeconómicas, es decir, el producto interno bruto (PIB).

Para la realización de proyecciones de crecimiento del tránsito se analizan diferentes tasas de crecimiento, donde emplean las ecuaciones sugeridas por MTI (2022, p.16) cuya sugerencia de uso se indica:

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

Ecuación 1. Tomado de (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2020, pág. 14).

Donde,

TC= Tasa de Crecimiento

TPDA = Tráfico Promedio Diario Actual.

TPDA<sub>0</sub> = Tráfico Promedio Diario Actual del Año Base.

n= La diferencia de años.

La ecuación 1, debe ser usada cuando los datos históricos en análisis no están continuos en al menos un rango, es decir, al menos un periodo interanual no es consecutivo. Debe calcularse el promedio de los valores obtenidos descartando las tasas negativas y las mayores el 7.35%.

Como se aclara en los anuarios de aforo de tráfico:

Para el cálculo de las tasas de crecimiento, el cual consiste en aplicar a la fórmula antes descrita la media geométrica con la cual podemos considerar todos los TPDA históricos de cada una de las estaciones de mayor cobertura, con el fin de ponderar o hacer pesar más el resultado final. Una de las ventajas de media geométrica es menos sensible al cálculo con los valores extremos. Siendo el procedimiento de calcular las diferentes Tasas de crecimiento para cada uno de los datos históricos, con la siguiente ecuación:

$$TC_n = \left[ \left( \frac{TPDA_n}{TPDA_{n-1}} \right)^{1/n} \right]$$

Ecuación 2. (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2020, pág. 14).

La ecuación 2, se empleará cuando los datos en análisis son consecutivos, por lo cual deberá emplear la ecuación 3 para el cálculo de la tasa de crecimiento correspondiente, descartando los datos que generen valores negativos o de decrecimiento.

Donde:

$TC_n$  = Tasas de Crecimiento que se tenga en el período de análisis  
 $TPDA_n$  = Tráfico Promedio Diario del año en análisis.

$TPDA_{n-1}$  = Tráfico Promedio Diario del Año anterior.

n = La diferencia de años

Una vez obtenida una serie de tasas de un año con otro se procede a aplicar la media geométrica aplicando la siguiente ecuación:

Donde

$$Tf = \left[ (TC_1 * TC_2 * \dots * TC_n)^{1/n} - 1 \right]$$

Ecuación 3. (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2020, pág. 15).

$Tf$  = Tasa de Crecimiento Final

$Tcn$  = Diversa tasas de crecimiento obtenidas de la serie histórica

$n$  = cantidad de tasas de crecimiento

Es preciso señalar que para calcular la tasa de crecimiento se seleccionaron valores de los registros históricos de conteos vehiculares de la estación con mayor similitud en porcentaje de composición vehicular y características socioeconómicas al tramo en estudio (La

Trinidad – Comunidad Las Ánimas), la cual es la Estación de Conteo Sumaria 313 Sacaclí – San Gabriel, dicho registro histórico, se presenta en la versión del anuario estadístico del MTI (2020).

A manera de ejemplo, utilizando la ecuación 1, se presenta el cálculo de la tasa de crecimiento para el periodo 2002-2008:

$$TC = \left[ \left[ \left( \frac{80}{65} \right)^{1/(2008-2002)} \right] - 1 \right] * 100$$

$$TC = 3.52\%$$

Los resultados se muestran en la tabla 16, obteniéndose una tasa de crecimiento final de TPDA histórico de 5.23%.

Tabla 16 - Histórico de TPDA, estación 313 Sacaclí – San Gabriel

Año	TPDA	Tasa de crecimiento
2002	65	
2008	80	3.52
2011	94	5.52
2015	115	5.17
2020	159	6.69
<i>TF =</i>		5.23

Fuente: Elaboración propia a partir de Anuario de Aforos de Tráfico (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2020, pág. 240).

Para la proyección de tránsito del proyecto se llevó a cabo la revisión de las variables más representativas y vinculadas al transporte. Se obtuvieron registros históricos del Producto Interno Bruto (PIB), Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y crecimiento poblacional en referencia a Anuario de estadísticas Macroeconómicas 2022, Banco Central de Nicaragua BCN (2023), Anuario de aforo de tráfico 2022 (MTI, 2023) y Anuario estadístico 2022(INIDE,2024)

El Instituto nacional de información de desarrollo (INIDE), realiza publicaciones de anuarios estadísticos, en los que presentan información de los principales sectores del país. En este caso, se seleccionaron los históricos de población desde el año 2000 hasta el 2022. A continuación, se presenta el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, utilizando la ecuación 2:

$$TC = \left[ \left[ \left( \frac{5,058,643}{4,956,964} \right)^{1/(2001-2000)} \right] \right]$$

$$TC = 1.02\%$$

Asimismo, con la obtención de la serie de tasas de un año con otro, se procede al cálculo de la tasa de crecimiento final aplicando la ecuación 3.

$$Tf = \left[ (1.02 * 1.02 * 1.02 * 1.02 * 1.02 * 1.01 * 1.01 * \dots)^{1/22} - 1 \right] * 100$$

$$Tf = 1.40\%$$

Los resultados se muestran en la tabla 17, obteniéndose una tasa de crecimiento poblacional final de 1.40%.

Tabla 1 Histórico de población del periodo año 2000 al 2022

Año	POB	Tasa de crecimiento
2000	4,956,964	
2001	5,058,643	1.02
2002	5,162,275	1.02
2003	5,267,714	1.02
2004	5,374,820	1.02
2005	5,483,447	1.02
2006	5,522,606	1.01
2007	5,595,541	1.01
2008	5,668,876	1.01
2009	5,742,310	1.01
2010	5,815,524	1.01
2011	5,996,619	1.03
2012	6,071,045	1.01
2013	6,134,270	1.01
2014	6,198,154	1.01
2015	6,262,703	1.01
2016	6,327,927	1.01
2017	6,393,824	1.01
2018	6,460,411	1.01
2019	6,527,691	1.01
2020	6,595,674	1.01
2021	6,664,364	1.01
2022	6,733,763	1.01
<i>TF =</i>		<i>1.40%</i>

Fuente: Elaboración propia a partir de Anuario Estadístico INIDE (2021, pág. 50).

El Banco Central de Nicaragua a través del anuario de estadísticas macroeconómicas 2022, presenta valores históricos del producto interno bruto con enfoque en la producción. En este caso, se seleccionaron los históricos de producto interno bruto (PIB) desde el año 2006 hasta el 2022.

A continuación, se presenta el cálculo de la tasa de crecimiento del PIB, utilizando la ecuación 2:

$$TC = \left[ \left( \frac{124,870.3}{118,837.7} \right)^{1/(2007-2006)} \right] = 1.05\%$$

Asimismo, con la obtención de la serie de tasas de un año con otro, se procede al cálculo de la tasa de crecimiento final aplicando la ecuación 3:

$$Tf = \left[ (1.05 * 1.03 * 1.04 * 1.06 * 1.06 * 1.05 * \dots)^{1/12} - 1 \right] * 100 = 5.28\%$$

Los resultados se muestran en la tabla 18, obteniéndose una tasa de crecimiento final para PIB de 5.28%.

Tabla 2 Histórico de producto interno bruto (PIB) del año 2006 al 2022

Año	PIB	Tasa de crecimiento
2006	118,837.7	
2007	124,870.3	1.05
2008	129,160.5	1.03
2009	124,907.7	0.97
2010	130,416.3	1.04
2011	138,654.2	1.06
2012	147,661.4	1.06
2013	154,936.8	1.05
2014	162,351.3	1.05
2015	170,131.6	1.05
2016	177,894.9	1.05
2017	186,133.6	1.05
2018	179,873.3	0.97
2019	174,662.6	0.97
2020	171,577.6	0.98
2021	189,331.1	1.10
2022	196,432.5	1.04
<i>TF =</i>		<i>5.28%</i>

Fuente: Elaboración propia a partir de Anuario de Estadísticas Macroeconómicas (Banco Central de Nicaragua, 2022, págs. 10-11).

Para la selección de la tasa de crecimiento vehicular, se realizó un promedio de las tasas que corresponden al TPDA, PIB que es el que rige a nuestro país y el crecimiento poblacional, demostrando el cálculo a continuación:

$$TC = \frac{TC_{TPDA} + TC_{PIB} + TC_{POB}}{n}$$

$$TC = \frac{5.23\% + 5.28\% + 1.40\%}{3} = 3.97\%$$

La tasa de crecimiento vehicular a implementar en el tramo es de 3.97%. Tasa de referente, para este estudio de caso, para que a partir de año base se estimen las proyecciones del Tráfico Promedio Diario Anual futuro a ser usado para diseño de carreteras.

Con este valor se continuará el proceso para determinar los Ejes Equivalentes de Cargas Simples, haciendo uso de los factores de crecimiento correspondientes, así como los factores de carga para el diseño de pavimentos. Esta tasa de crecimiento será de utilidad para otros estudios de tránsito conexos.

Cabe destacar que las tasas de crecimiento desde el año 2010 al 2020, con el conteo de tráfico con las 11 estaciones de mayor cobertura donde la tasa de crecimiento ha oscilado desde 3.36% cuando iniciaron las nuevas estaciones hasta un 6.00%, siendo la ponderada del 2020 de 4.75%. MTI (2021, p.16). Se deben de evaluar la tasa de crecimiento interanuales y promediar solamente las positivas referidas a crecimiento, el que se excluyen negativos.

Al analizar las variables relacionadas al tránsito (PIB, consumo de combustible, TPDA de las estaciones correspondientes al tramo en estudio y crecimiento poblacional) se puede determinar la tasa de crecimiento de tránsito normal como un promedio de las tasas de estas variables, siempre y cuando exista una alta correlación entre ellas.

## **CONCLUSIONES**

En correspondencia con MTI ( 2023), Navarro y Juárez, 2023) con lo planteado por Navarro y Bustamante (2021a, 2021b) los pasos secuenciales para el cálculo de las tasas de crecimiento son Aforar, por tres días o semana completa, acorde a clasificación Vehicular del MTI en una estación de conteo que permita cuantificar adecuadamente el flujo vehicular justificando su criterio de elección por la topografía, visibilidad u otros factores, identificar estación de conteo más cercana geográficamente que tenga una composición vehicular similar para analizar histórico de TPDA, identificando estación de mayor cobertura a la que pertenece y haciendo uso de los vectores de correspondencia de estaciones de conteo para el uso de factores día, factores semana y factores de expansión, seguido del análisis y establecer correlaciones con registros históricos de TPDA acorde a tipo de estación, posteriormente realizar la evaluación tasas de crecimiento para estaciones principales, sumarias y de control que permitan establecer relaciones con variables macroeconómicas, debiendo analizar, seleccionar y justificar tasa de crecimiento.

Si se determina tasa de crecimiento considerando registros históricos podrá ser promediada con los indicadores macroeconómicos de Producto Interno Bruto y población. De no encontrarse tasa referencial deberá usar el indicador de consumo de combustible nacional.

La tasa de crecimiento corresponderá al promedio de registros históricos de estación más cercana a punto de aforo, con similar composición vehicular, con las variables de Producto

interno bruto y población. En caso de que las tasas calculadas excedan 7.35% debe ser descartada y hacer el análisis con el promedio histórico del PIB, Población y el consumo de combustible. Se debe realizar un análisis discriminante para la selección de tasas de crecimiento en la cual se deben tomar solamente las tasas de crecimiento positivas para análisis y no aquellas con valores negativos ni las que excedan los registros históricos de parque vehicular y crecimiento de estaciones.

Las tasas máximas de referencia corresponderán al 7.35% correspondiente al medio geométrico de las estaciones clasificadas por tipo de carretera.

Deben ser tomadas las recomendaciones del MTI (2021, 2023, 2024) en la que los aforos podrán ser realizados al menos por tres días o siete días, por 12 horas diurnas para hacer uso de factores de expansión. En los tres días martes, miércoles y jueves. Si es lugar es turístico debe ser martes, miércoles y un día de fin de semana. En particular si se cuenta por la semana completa no será requerido usar factores semana para expandir a Tráfico Promedio Diario Anual.

## REFERENCIAS

- Banco Central de Nicaragua. (2023). *Anuario de Estadística Macroeconómicas 2022*.
- Cal y Mayor, R. Cárdenas. J. (2018). *Ingeniería de tránsito Fundamentos y aplicaciones* (Novena edi). Alfaomega Grupo Editor.
- Calderón, M. y Sindy, R. (2024). *Diseño de estructura de pavimento articulado del tramo La Trinidad – Comunidad Las Ánimas aplicando el método AASHTO - 93*. [Monografía]. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Corredor, G. (2011). "La información de tránsito para el diseño de pavimentos: del ¿Qué al Por qué?" En INVEAS (Ed.), *5 Congreso Centroamericano de Fondos Viales* (pp. 1-123). INVEAS.
- Hernández, R., Fernández, C. Y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta). Mc Graw Hill.  
[https://trabajosocialudocpno.files.wordpress.com/2017/07/metodologc3a3c2ada\\_de\\_la\\_investigac3a3c2b3n\\_-sampleri-\\_6ta\\_edicion1.pdf](https://trabajosocialudocpno.files.wordpress.com/2017/07/metodologc3a3c2ada_de_la_investigac3a3c2b3n_-sampleri-_6ta_edicion1.pdf)
- INIDE. (2021). *Anuario Estadístico 2019* (I. N. de I. de D. INIDE, Ed.). Instituto Nacional de Información de Desarrollo%0AINIDE
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). (2024). *Anuario Estadístico 2022*.  
[https://www.inide.gob.ni/docs/Anuarios/Anuario2022/ANUARIO\\_ESTADISTICO2022.pdf](https://www.inide.gob.ni/docs/Anuarios/Anuario2022/ANUARIO_ESTADISTICO2022.pdf)
- Mar, C., Barbosa, A. y Molar, J. (2020). *Metodología de la Investigación, Métodos y Técnicas* (1.ª ed.). Grupo Editorial Patria.

- Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2021). *Anuarios de aforos de Tráfico 2020*. Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura. Oficina de diagnóstico y evaluación de pavimentos y puentes. División de administración vial. Dirección general de planificación. (2023). *Anuarios de Aforo de Tráfico 2022*.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2008). *Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*. <https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito.pdf>
- Monje, C. (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa. Guía didáctica*. . Universidad Surcolombiana.
- Navarro, S. y Bustamante, F. (2021a). Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito para proyecciones de tráfico promedio diario anual en Nicaragua. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 11(1), 43-68. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11717>
- Navarro, S. y Bustamante, F. (2021b). Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito para proyecciones de tráfico promedio diario anual en Nicaragua. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 11(1), 43-68. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11717>
- Navarro, S. y Juárez, G. (2023). Aforos de tránsito y la determinación de tasas de crecimiento para el cálculo de ejes equivalente de carga. En Universidad Nacional de Ingeniería (Ed.), *I Foro de Vías de Transporte, Rumbo a una Nicaragua Conectada* (pp. 1-55).

## **SEMBLANZA DE AUTORES**



*Sergio Junior Navarro Hudiel:* Ingeniero Civil, Máster en Vías Terrestres y Dr. En Gestión y Calidad de la Investigación Científica. Docente Universitario por más 19 años. Docente Titular en el Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, Centro Universitario Regional Estelí. Experiencia en investigaciones en transporte, tránsito, zonificación, así como calidad e investigación educativa.



*Oliver Josué Rivera:* Ingeniero Civil. Docente Universitario por más 6 años. Docente adjunto en el Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Pedro Araúz Palacios. Tutor y asesor de tesis de diseño vial, estudios tránsito, estudios de suelos, topografía y diseño vial.