

Título: **“METODOLOGIA PARA ESTIMACION DEL TMDA PARA CALCULOS RELACIONADOS CON APLICACIONES ASFALTICAS”**

Autor 1: Ing. Julián Rivera
Responsable Area Estudios del Transporte
Centro de Investigaciones Viales LEMaC, UTN La Plata
Calle 60 y 124, La Plata (1900), Bs. As., Argentina
Te/Fax: 0054-221-4890413, lemac@frlp.utn.edu.ar
Web: www.frlp.utn.edu.ar/lemac

Autor 2: Ing. Edgardo Masciarelli
Director
ISIT, Universidad Nacional de Córdoba
Av. Velez Sarfield 1611, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina
Te/Fax: 0054-351-4334149, isit1@efn.uncor.edu

Resumen

En los estudios que involucran las mezclas asfálticas (cálculo de paquete estructural, cálculo de vida útil, posibilidad de empleo, diseño de mezcla, etc.), es requisito básico conocer el tránsito que por ésta circula, expresado por el TMDA (volumen promedio diario a lo largo de un año calendario).

Así, se promedian volúmenes generados por actividades no constantes o intermitentes (estudio, trabajo, vacaciones, esparcimiento, etc.). Esta variabilidad requiere realizar conteos continuos para arribar al TMDA, lo cual requiere esfuerzos de envergadura. Pero en tareas tácticas y operativas (de mediano y corto plazo), en aquellas de soluciones inmediatas o para las cuales no se cuenta con los suficientes recursos o datos esto se hace difícil. Por tal razón, suele recurrirse a conteos esporádicos de tránsito que, ante la carencia de series históricas, son extrapolados de manera subjetiva, por profesionales que a veces no guardan relación directa con la ingeniería de tránsito. La incertidumbre generada así es muy grande, desvirtuándose la aplicación posterior de parámetros que sí están sostenidos en datos certeros y obteniéndose confiabilidades bajísimas.

Por estas razones se ha planteado este trabajo, tesis de maestría, que busca la obtención, divulgación y utilización de una metodología objetiva, para la extrapolación de conteos esporádicos de tránsito al TMDA; aplicable en una amplia zona homogénea (Provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos y La Pampa) de la Argentina.

I. Introducción

I.1. El problema a considerar

En la mayoría de los estudios que involucran las mezclas asfálticas, es requisito básico conocer de manera aproximada el volumen de tránsito sobre ésta, expresado por el tránsito medio diario anual (TMDA), es decir el volumen promedio diario de tránsito registrado a lo largo de un año calendario sobre una sección de un camino o arteria.

El TMDA es un parámetro fundamental en los estudios y proyectos de mezclas asfálticas, según lo asegurado por R. Cal y Mayor y J. Cárdenas en "Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones".

No obstante su amplia posibilidad de aplicación, su correcto uso en Argentina y Latinoamérica no está aun generalizado, tal cual lo advierte el Banco Mundial cuando asegura que *"... Aunque el rápido desarrollo de la tecnología ha reducido el costo de las modernas técnicas de gestión (de temas relacionados con) el tránsito... muchas ciudades están todavía pobremente organizadas y tienen personal inadecuado para hacer uso efectivo de ellas. Tanto la asistencia técnica como las inversiones son capaces de generar elevados retornos en este campo, siempre y cuando se traten los problemas fundamentales de recursos humanos e institucionales..."*.

El TMDA promedia los volúmenes registrados a lo largo de todo el año calendario, que son generados en gran parte por actividades no constantes o que incluso se realizan intermitentemente. Entre estas actividades podemos citar el estudio, trabajo, vacaciones, esparcimiento, etc.

"...Así, el tránsito debe ser considerado como un factor dinámico, por lo que solamente su valor es preciso para el período de duración de sus mediciones. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características...", según asegura W. Hay.

La variabilidad en las necesidades que originan el movimiento de las personas (tránsito) requiere realizar conteos continuos a lo largo de todo el año calendario, para así arribar al TMDA buscado. Esto se realiza en innumerables análisis de gran envergadura. Pero en tareas de tipo tácticas y operativas (de mediano y corto plazo), en aquéllas en que deben generarse soluciones inmediatas con implicancias en el largo plazo o para las cuales no se cuenta con los suficientes recursos (equipamiento, personal, tiempo y dinero) esto se hace imposible. Por tal razón, suele recurrirse en estos casos a conteos esporádicos de tránsito, los cuales son luego corregidos de manera prácticamente subjetiva por el profesional a cargo del estudio, quien en muchos casos no guarda relación directa con la ingeniería de tránsito. Demás esta decir que la incertidumbre generada de esta forma es muy grande,

llegándose a desvirtuar por completo la aplicación posterior de cálculos que sí están sostenidos en datos certeros y obteniéndose en conjunto valores de confiabilidad bajísimos.

I.2. Aportes del trabajo

Se plantea así este trabajo, en busca de tender a la obtención, divulgación y utilización de una metodología objetiva, para la extrapolación de conteos esporádicos de tránsito al TMDA, fundada en:

- parámetros medibles
- comportamiento conocido de forma estadística
- una amplia zona relativamente homogénea, como lo es la Región conformada por las Provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos y La Pampa.

Se busca aportar una herramienta simplificada, constituida por una metodología de relevamiento y un algoritmo de aplicación, sostenida en un fuerte análisis estadístico de regresión, que podrá ser utilizada como alternativa o reemplazo de los actuales métodos prolongados y laboriosos existentes, sin necesidad de dificultosas extrapolaciones subjetivas generadas por la falta de datos o el conocimiento acabado del lugar en estudio, y con la suficiente confiabilidad en la aproximación.

II. Análisis situacional y estructuración del trabajo

II.1. Antecedentes a nivel mundial

A nivel mundial existen estudios tendientes a establecer los parámetros de comportamiento del tránsito en busca de calcular el TMDA mediante la utilización de conteos esporádicos. Como ejemplo se pueden mencionar las curvas de Petroff y Blensly, destacando su particular antigüedad y restricción geográfica.

Es justamente la restricción geográfica lo que hace que no exista una metodología clara para su aplicación generalizada y mucho menos para la región central de la Argentina, lugar propuesto para la realización del estudio.

Por esto vale recordar lo enunciado en una de las publicaciones más consultadas a nivel mundial por los especialistas en tránsito, el Manual de Capacidad 2000 de la Transportation Research Board, que en su Capítulo 8 de "Características del tránsito vehicular y factores humanos" dice que "... las variables estacionales en la demanda de tránsito reflejan la actividad social y económica del área servida por un camino... Los datos aquí volcados son típicos de la zona estudiada. Sin embargo, estos parámetros varían en función de los hábitos de viaje locales de los habitantes y el medioambiente, los ejemplos no pueden ser usados como un sustituto para la obtención de datos locales...".

Por otro lado, del análisis de bibliografía de reconocidos especialistas en la temática, como C. Papacostas, puede observarse que para la obtención de TMDA sin conteos continuos, la ingeniería de tránsito ha tendido a la implementación de los denominados “censos de cobertura”. Estos son básicamente la extrapolación de mediciones puntuales realizadas en una sección por medio de las curvas establecidas por censos continuos en puntos cercanos al lugar en estudio.

Su aplicación se realiza como lo explica L. Girardotti cuando afirma “... *el objeto de los conteos es estimar el TMDA en el punto en que se realicen... la duración de los mismos estará entre 1 y 7 días, durante 24 horas... el TMDA se calcula corrigiendo el conteo diario mediante un factor de corrección por el día de conteo y un factor de corrección estacional correspondiente al mes del conteo... los factores se obtienen del organismo vial con jurisdicción en el tramo o por contadores permanentes próximos al lugar...*”.

Esta técnica solo puede ser bien utilizada cuando el análisis es dirigido por un especialista de tránsito, que puede interpretar la validez de relacionar un punto con el otro (en función de la similitud en las necesidades cubiertas por el tramo de vía), profesional casi nunca disponible en estudios que requieren la valoración del TMDA para implementaciones de mezclas asfálticas. A esta complicación debe sumarse el hecho no menor de que en la práctica sólo se cuenta con este tipo de conteos continuos en zonas urbanas muy desarrolladas, quedando sin cobertura la inmensa mayoría de las ciudades que constituyen la región.

Este problema no se observa solamente en la Argentina. Por ejemplo la AASHTO, asociación estadounidense de reconocido prestigio en el ambiente vial, ha previsto para salvar este problema de la falta de datos en su metodología del año 2002 lo que explica C. Wahr “... *El procedimiento de diseño de pavimentos requiere de datos tales como volúmenes de tránsito y espectros de carga por cada tipo de eje... Sin embargo, es necesario recordar que muchas veces las agencias no cuentan con los recursos suficientes para recolectar datos... El método de diseño define por esto tres niveles claramente determinados de entrada de datos, basados en la cantidad de información disponible. Estos niveles representan la calidad de la estimación que el diseñador puede efectuar de las características futuras del tránsito en la ruta a diseñar...*

El alto nivel de exactitud en los datos y en las proyecciones de las cargas de tránsito aplicadas trae como consecuencia que los pavimentos diseñados mucho más confiables, a diferencia de aquellas rutas diseñadas con información de cargas y volúmenes sin un alto nivel de exactitud...”

El párrafo pone así en relieve las carencias que presenta la aplicación de los censos de cobertura y la necesidad de contar con mejores metodologías de estimación, ya que en la mayoría de las técnicas de aplicación del TMDA no se cuentan con refinamientos como el expuesto, de generar diversos niveles de análisis en función de la precisión con que éste ha sido determinado, llevándose indefectiblemente, como ya se mencionara, a bajas confiabilidades.

II.2. El estudio en cuestión

Se busca entonces generar una metodología que permita en forma objetiva la aplicación de parámetros de corrección de conteos de tránsito realizados en forma esporádica para la obtención del TMDA, aplicable en la zona central de la República Argentina (Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos y La Pampa).

Lo cual implica los objetivos específicos de:

- Generar una herramienta para la determinación del TMDA por medio de conteos esporádicos para comenzar con su puesta a punto por distintos grupos de referencia a nivel nacional.
- Homogeneizar características en los conteos de tránsito para poder constituir bases de datos compartidas permitiendo su aplicación en otros estudios sin adaptaciones mayores.
- Profundizar los conocimientos en cuanto a las variables que influyen en la región sobre el tránsito automotor.
- Analizar la aplicación de modelización en busca del modelo que dé respuestas acotadas y que sea aplicable en otras iniciativas similares.

II.3. Estructura del estudio encarado

Partiendo de los lineamientos generales de:

- Basar el desarrollo en el análisis de datos de tránsito y sus características recabados en diversas vías de la zona en estudio, combinados con datos adicionales del entorno, referidos a lo geográfico, económico y social.
- Recolectar datos provenientes de fuentes del más amplio espectro, fijando para esto horizontes entre el año 1993 y 2003.
- Conformar una base de datos general homogénea, sobre la que se realicen los análisis estadísticos, de regresión y de multicolinealidad, necesarios para la conformación de bases de datos reducidas conteniendo las variables explicativas de significancia. Esta parte resulta de fundamental importancia, ya que es aquí cuando

se filtran y adaptan los datos recabados en función de los requisitos particulares del estudio.

- Determinar en función de las bases de datos reducidas las tablas y algoritmos de la metodología, detectando los errores estadísticos esperables en su empleo.
- Comparar la aplicación de la metodología desarrollada con otras alternativas, detectando las potenciales ventajas y desventajas comparativas.

Se planteó la siguiente estructura de tareas para el trabajo:

Recopilación bibliográfica y análisis de antecedentes.

Por medio de ésta se realiza la recopilación y análisis de la bibliografía y experiencias previas relacionadas existentes a nivel mundial, delineando con mayor justeza tareas menores del plan de tareas.

Análisis de metodologías utilizadas en diversos lugares para la obtención de TMDA por conteos esporádicos, los fundamentos del análisis estadístico aplicado a este tipo de estudios y las bases para la modelización, trazándose un esquema inicial de la metodología a desarrollarse.

Identificación de las variables generales de influencia.

En función de la tarea anterior, determinación de las variables que pueden tener influencia sobre el estudio y diseño de la base de datos general a ser utilizada. Entre éstas se encuentran por ejemplo: hora, día, mes, actividad cubierta, ancho de camino, superficie de rodamiento, clima, densidad poblacional, restricciones de circulación, etc.

Determinación de la base computacional a utilizarse en el siguiente paso y tipificación de los datos de entrada para simplificar su volcado y permitir la conversión de datos provenientes de diversas fuentes a una forma normalizada.

Recolección, análisis y homogenización de datos.

Organización de la recolección de datos provenientes de las diversas fuentes ya mencionadas y de otras nuevas fuentes identificadas durante la realización de las tareas previas. Análisis de los datos provenientes de las mismas y se homogenización para su inclusión en la base de datos general a ser utilizada en los pasos posteriores.

Ampliación de análisis o estudios de campo para la obtención de datos faltantes, de modo tal de lograr una base de datos completa, homogénea y manejable.

Identificación de las variables significativas.

Mediante el análisis estadístico de la base de datos general se determinan las variables significativas para el estudio en particular, analizando la multicolinealidad de las mismas y adoptando la base acotada para la realización de los pasos subsiguientes.

Examen de modelos previos y planteo de modelo particular.

Análisis de las metodologías y modelos previamente desarrollados, que hayan sido utilizados con propósitos similares a los del estudio, para delinear los principios de la modelización estadística y determinar la forma del modelo y el procedimiento de calibración mejor posicionado para el estudio en cuestión.

Para determinar la forma se analiza la regresión múltiple de tipo lineal, exponencial, logarítmica, polinomeal, etc. mediante software específico a tal fin, observando los ajustes que se vayan obteniendo y la respuesta que el modelo de a cada una de las variables independientes.

Calibración y verificación de modelo en función de valores observados.

Calibración del modelo utilizando los datos disponibles y se verificación para distintos casos por comparación utilizando los valores observados en el último periodo.

Comparación de resultados con modelos previos en función de valores observados.

Comparación de los resultados del modelo desarrollado con modelos y metodologías desarrolladas en estudios previos, para verificar la justificación de la aplicación del mismo.

Fijación de diversos indicadores analizados al aplicar los diversos modelos, los cuales permiten observar en forma comparativa como se ajustan los modelos previos y el modelo propuesto a la realidad y la simplicidad de aplicación en cada uno de los casos. Se obtiene así un ranking que permite observar claramente el posicionamiento del modelo propuesto.

Diseño y presentación de la metodología propuesta.

Diseño de la metodología final a ser utilizada para simplificar y tender a la uniformidad a su utilización. Difusión de la misma tendiente a su aplicación generalizada

III. Avances registrados

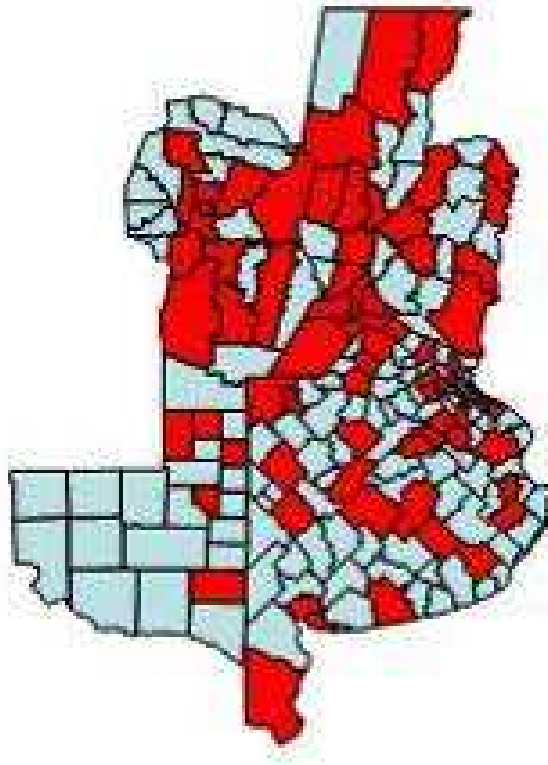
III.1. Recopilación de datos y conformación de matriz general

Según estaba establecido, uno de los primeros pasos a ser concretados era la obtención de los datos de tránsito desde diversas fuentes. La tarea en tal sentido fue ardua, y se debió recurrir a diversas metodologías de llegada, lo cual se simplificaría notablemente si se contara con un espacio en donde se concentrara toda esta información, e incluso desde el cual se tendiera a su uniformización.

Las fuentes de las cuales se obtuvieron los datos que permitieron conformar la matriz general son: Subsecretaría de Tránsito y Transporte del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, Dirección Nacional de Vialidad, Coviare, Autopistas del Oeste, Autopistas del Sol, UTN Bahía Blanca, Municipalidad de Concordia, AUFE, Puente Subfluvial Hernán Darias, Dirección de Vialidad de Santa Fe, Dirección de Vialidad de Buenos Aires, Municipalidad de

Rafaela, Auditoría General de la Nación, Instituto Superior del Transporte de la UNC, LEMaC UTN La Plata, INDeC, Particulares, Otros.

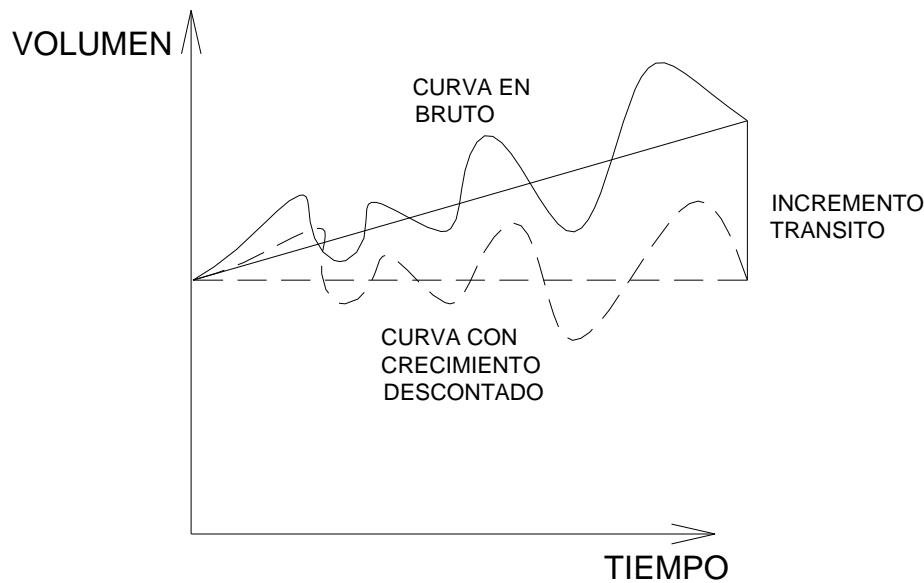
De esta forma se ha llegado a establecer el siguiente mapa de cobertura de la zona en análisis.



III.2. Las tasas de crecimiento

Para obtener una metodología de estimación del TMDA, aplicable de una manera razonablemente aislada de las variaciones coyunturales, que producen diversas tasas anuales de crecimiento del tránsito sobre una vía año a año, se han debido obtener para las series históricas entre 1993-2003, con las que se realiza el estudio, coeficientes de variaciones mensuales con el descuento proporcional de la tasa correspondiente. Por esto, la metodología a ser aplicada debe ser complementada con la afectación del valor estimado de TMDA obtenido por la tasa de crecimiento del tránsito supuesta para el año en estudio. La obtención de esta tasa supuesta ha llevado a toda una línea de análisis dentro del trabajo.

Se establece por lo expuesto, que la aplicación de la primera parte de la metodología surge de regresiones realizadas en forma independiente de las variables socioeconómicas coyunturales, las cuales son si introducidas en la segunda parte de la metodología.



La predicción de las tasas de crecimiento del tránsito en lugares en los que ya se cuenta con datos previos es relativamente sencilla, ya que puede establecerse una tendencia observando los ciclos anteriores. Cuando el análisis se realiza en cambio por profesionales no directamente vinculados a la ingeniería de tránsito o en lugares en donde no se cuenta con series históricas, razones que son justamente las causas del estudio, la predicción se debe realizar en forma subjetiva o empleando otros parámetros relacionados de más sencilla predicción, o que son comúnmente supuestos en estudios socioeconómicos para una amplia serie de estimaciones.

Como se sabe que el tránsito se genera por una demanda derivada, y que ésta se encuentra fuertemente ligada a las variaciones sociales y económicas, se buscó correlacionar la tasa de crecimiento con diversas variables explicativas de este tipo.

Para el trabajo, se han tomado las diversas localidades (departamentos o partidos) de las provincias en estudio como unidad de análisis, debido a la previsible imposibilidad de hallar datos socioeconómicos para una división menor.

De la recolección de datos de tránsito se obtuvieron discriminados para los ciclos comprendidos entre 1993-2003 y para la región en estudio, 518 pares de datos localidad/tasa de crecimiento del tránsito.

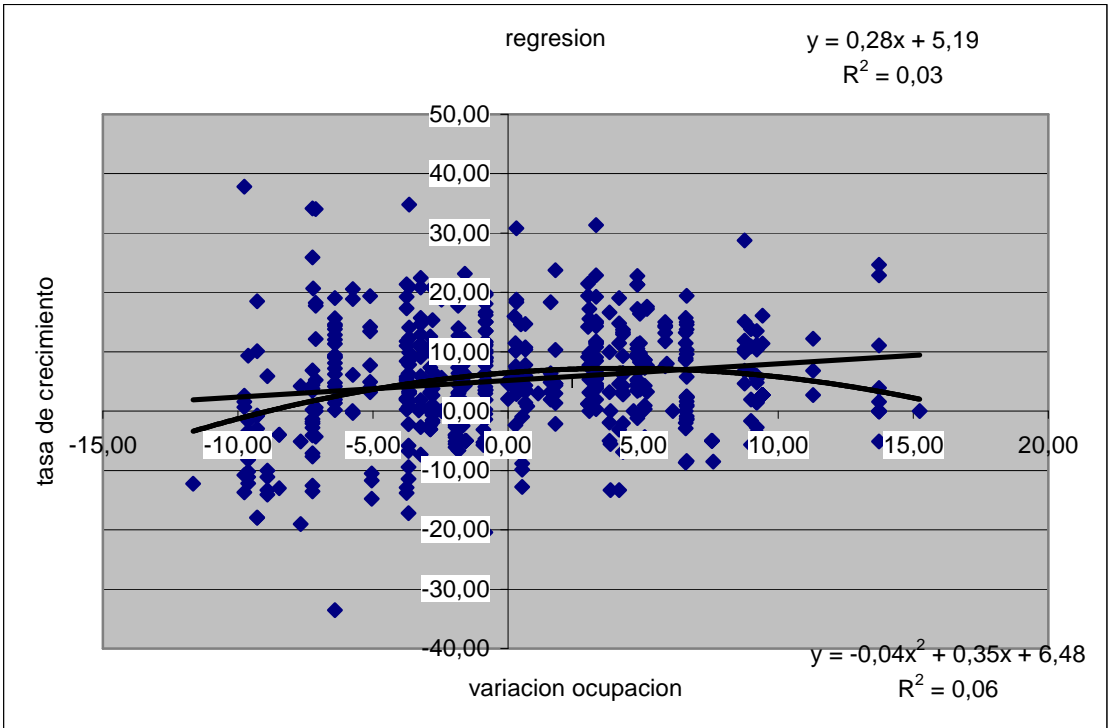
Luego de esta tarea se efectuó entonces la búsqueda de datos sobre diversos parámetros relacionados con la actividad socioeconómica registrada en estas localidades y en estos ciclos. Para esto se recurrió a diversas fuentes, de las cuales sólo se obtuvo información útil del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDeC).

Se recabaron datos discriminados por año de las variables de: PIB, Importaciones, Consumo Privado, Consumo Publico, IBIF y Exportaciones. Pero los mismos no se hallaron discriminados por provincias, ni mucho menos por localidades.

Se obtuvieron también datos en cuanto a la variación de la población en las diversas localidades, pero en este caso solo se contó con los datos producidos por los censos de 1991 y 2001, razón por la cual el dato no es aplicable por carecerse de valores intermedios.

Otro dato obtenido es el de la evolución de la canasta familiar, que nuevamente se da discriminado por año, pero no por provincia o localidad.

Finalmente, luego de descartar otras series de datos por razones similares a las ya enunciadas, se obtuvo la serie correspondiente a la tasa de actividad discriminada por año y en las diversas regiones de las provincias. Mediante estos datos se confeccionó la tabla de variaciones de tasa de empleo, para ser empleada en la regresión junto con los datos de tasa de crecimiento del tránsito. En un principio se sometieron los datos a una regresión lineal y a una regresión polinómica de segundo orden, obteniéndose las siguientes ecuaciones de correlación con sus respectivos coeficientes de determinación R^2 .



Como se observa en este análisis inicial, los coeficientes de determinación para ambas regresiones fueron muy bajos. De todos modos podría desprenderse de este primer experimento, que la regresión polinomial de segundo orden no se ajusta mucho mejor a la realidad (hecho que se corrobora en posteriores experimentos), razón por la cual se decide

continuar con el estudio empleando regresiones lineales, las cuales resultan de más sencilla obtención y análisis.

Paso seguido se realizó un estudio de sensibilidad, desechando para ello aquellos valores que no permiten la obtención de resultados de validez.

Como primer experimento se decidió el descarte de valores en función del residuo presentado en una primera regresión. Este experimento se realizó mediante dos variantes.

Primera variante

Se realiza una regresión lineal inicial, con ella se obtienen los residuos para cada uno de los datos. Se ordenan en orden decreciente por valor absoluto estos residuos y se realizan nuevas regresiones descontando de a 10 en forma acumulada los datos que presenten mayores valores en esta primer regresión.

El cuadro de funciones y coeficientes de determinación obtenidos mediante esta experiencia permite observar que no se registra mediante esta técnica un aumento considerable del coeficiente de determinación.

EXPERIMENTO DESCONTANDO CASOS POR RESIDUO

(descuento de a 10 por regresiones partiendo de la total)

x = tasa de crecimiento

y = variación ocupación

casos = 518

	Ecuación lineal	r ²	Desc parcial	Desc acum..	% Total
Total	$X = 0,28 y + 5,19$	0,03	0	0	100
MENOS 10	$X = 0,32 y + 4,95$	0,05	10	10	98,1
MENOS 20	$X = 0,29 y + 5,12$	0,04	10	20	96,1
MENOS 30	$X = 0,28 y + 5,05$	0,04	10	30	94,2
MENOS 40	$X = 0,27 y + 5,11$	0,04	10	40	92,3
MENOS 50	$X = 0,27 y + 5,04$	0,05	10	50	90,3
MENOS 60	$X = 0,27 y + 4,91$	0,05	10	60	88,4
MENOS 70	$X = 0,24 y + 5,04$	0,04	10	70	86,5

Segunda variante

Se realiza una regresión lineal inicial, con ella se obtienen los residuos para cada uno de los datos. Se ordenan en orden decreciente por valor absoluto estos residuos y se descuentan los 10 primeros datos. Con la nueva serie de datos se repite la regresión y el nuevo descuento, y así sucesivamente.

El cuadro de funciones y coeficientes de determinación obtenidos mediante esta experiencia permite observar resultados similares a los de la experiencia anterior.

EXPERIMENTO DESCONTANDO CASOS POR RESIDUO

(descuento de a 10 por regresiones sucesivas)

x = tasa de crecimiento

y = variación ocupación

casos = 518

	Ecuación Lineal	r ²	Desc parcial	Desc acum	% Total
Total	$x = 0,28 y + 5,19$	0,03	0	0	100
MENOS 10	$x = 0,32 y + 4,95$	0,05	10	10	98,1
MENOS 20	$x = 0,28 y + 5,05$	0,04	10	20	96,1
MENOS 30	$x = 0,29 y + 5,01$	0,04	10	30	94,2
MENOS 40	$x = 0,27 y + 4,88$	0,04	10	40	92,3
MENOS 50	$x = 0,28 y + 4,88$	0,05	10	50	90,3
MENOS 60	$x = 0,26 y + 4,82$	0,05	10	60	88,4

Tercera experiencia

En función de los malos resultados obtenidos en las experiencias anteriores, se decidió modificar la metodología de descarte de valores.

Al analizar los datos en bruto, se pudo observar que en la mayoría de los casos los valores de tasa de crecimiento del tránsito concuerdan aproximadamente con los de variación de la ocupación, o al menos son proporcionales en cierto sentido. Esto lleva a una nueva metodología de descarte en donde la herramienta de decisión se determina por la diferencia algebraica en valor absoluto existente entre los pares de datos. Con esta metodología se observaron resultados ostensiblemente mejores que con las anteriores, razón por la cual se

decidió complementar el análisis hasta un descarte del 50 % de los datos y complementarlo con el análisis de regresión polinómica de segundo orden.

EXPERIMENTO DESCONTANDO CASOS POR DIF ENTRE TASA DE CREC Y VARIACION DE OCUPACION

	Ecuación lineal	r2	Ecuación Polinómica	r2	Desc parcial	Desc acum	% Total
Total	$X = 0,28 y + 5,19$	0,03	$x = -0,04 x^2 + 0,35 x + 6,48$	0,06	0	0	100
Dif mayor 40	$X = 0,33 y + 4,99$	0,04	$x = -0,05 x^2 + 0,42 x + 6,50$	0,09	3	3	99,4
dif 35-40	$X = 0,34 y + 4,91$	0,04	$x = -0,05 x^2 + 0,43 x + 6,42$	0,09	1	4	99,2
dif 30-35	$X = 0,35 y + 4,83$	0,05	$x = -0,05 x^2 + 0,44 x + 6,34$	0,1	1	5	99,0
dif 25-30	$X = 0,38 y + 4,6$	0,07	$x = -0,05 x^2 + 0,48 x + 6,16$	0,12	9	14	97,3
dif 20-25	$X = 0,44 y + 3,98$	0,1	$x = -0,05 x^2 + 0,54 x + 5,55$	0,16	18	32	93,8
dif 15-20	$X = 0,57 y + 3,19$	0,2	$x = -0,05 x^2 + 0,66 x + 4,62$	0,26	45	77	85,1
dif 14-15	$X = 0,60 y + 2,89$	0,22	$x = -0,05 x^2 + 0,69 x + 4,26$	0,28	14	91	82,4
dif 13-14	$X = 0,67 y + 2,86$	0,27	$x = -0,04 x^2 + 0,71 x + 4,00$	0,31	14	105	79,7
dif 12-13	$X = 0,72 y + 2,53$	0,33	$x = -0,03 x^2 + 0,76 x + 3,48$	0,36	24	129	75,1
dif 11-12	$X = 0,76 y + 2,10$	0,39	$x = -0,03 x^2 + 0,80 x + 2,92$	0,41	25	154	70,3
dif 10-11	$X = 0,77 y + 2,04$	0,41	$x = -0,04 x^2 + 0,81 x + 3,06$	0,45	12	166	68,0
dif 9-10	$X = 0,79 y + 1,79$	0,47	$x = -0,04 x^2 + 0,81 x + 2,84$	0,51	28	194	62,5
dif 8-9	$X = 0,79 y + 1,55$	0,52	$x = -0,03 x^2 + 0,82 x + 2,84$	0,54	26	220	57,5

			2,40				
dif 7-8	$X = 0,85 y + 1,24$	0,59	$x = -0,03 x^2 + 0,88 x + 1,98$	0,62	29	249	51,9
dif 6-7	$X = 0,92 y + 1,08$	0,68	$x = -0,02 x^2 + 0,93 x + 1,52$	0,69	35	284	45,2

En primera instancia, puede observarse de este experimento que se confirma el hecho de que la regresión polinómica en este caso no otorga, en forma notoria, mejores resultados que la regresión lineal, o por lo menos no da resultados que justifiquen visiblemente su más compleja aplicación.

El análisis final de esta temática aun se encuentra en curso.

III.3. Las variaciones mensuales

Más allá de la solución a la cual se llegue con el análisis del algoritmo para estimación de la tasa de crecimiento del tránsito, va quedando claro en nuestro estudio que el algoritmo final llevará la forma:

$$TMDA = TD_0 \times ALG.COEF.D \times ALG.COEF.M \times ALG.TCT$$

Donde:

TD_0 = Es el tránsito diario determinado por el censo esporádico, descontado el crecimiento proporcional registrado hasta esa altura del año.

ALG.COEF.D = Es el algoritmo que permita obtener el coeficiente de corrección diario que lleva el valor de TD_0 a la media mensual, en donde la variable independiente será aquella que tome valor 1 para el domingo, 2 para el lunes, ..., y 7 para el sábado.

ALG. COEF.M = Es el algoritmo que permita obtener el coeficiente de corrección mensual que lleva el valor de la media mensual a la media anual, en donde la variable independiente será aquella que tome valor 1 para enero, 2 para febrero, ..., y 12 para diciembre.

ALG.TCT = Es el algoritmo que permita llevar a ese valor medio anual al TMDA por afectarlo de la tasa de crecimiento de tránsito supuesta para ese año en estudio.

Así analizada la situación, una vez que se posee el valor medio diario de un mes, puede calcularse directamente el TMDA afectando a ese valor por el coeficiente de mes.

Este coeficiente de mes dependerá de ciertas características distintivas de la vía en estudio.

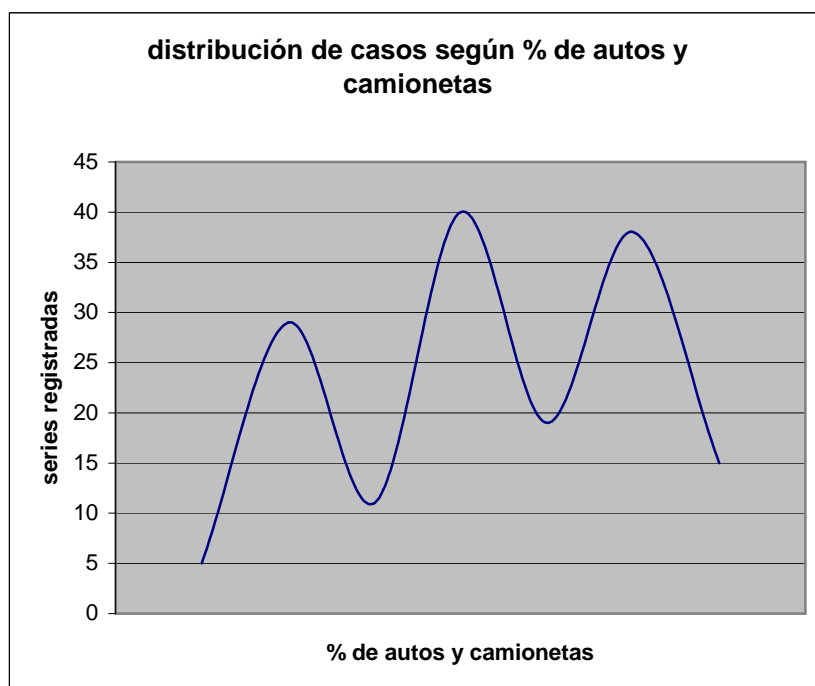
Por esto como primer paso en esta parte del trabajo, se han analizado diversas características de borde de cada una de las series mensuales recolectadas para el periodo en análisis.

En primer lugar, se determinó si el punto en donde se ha realizado el conteo que origina la serie se encuentra en un ambiente rural o urbano, denotando la urbanidad que se establece por medio de una variable independiente.

Otro aspecto identificado es si la vía cuenta con cobro de peaje por parte de un concesionario o entidad encargada de su mantenimiento y conservación, para esto se instituye una variable denominada de peaje.

También se analizó si la vía poseía un fuerte porcentaje de viajes originados por tránsito vacacional, instituyendo otra variable para este punto.

Por último se ha analizado la composición del tránsito pasante, para eso se relevó el porcentaje de autos y camionetas que lo compone. Al realizar el análisis de estos valores, se llegó al siguiente histograma, en donde pueden observarse tres grupos bien diferenciados en el entorno del 45 %, 65 % y 85 %. Se decidió así, incluir una variable composición que reflejara este aspecto.



Hasta el momento no se han registrados mayores avances en este sentido ya que las primeras regresiones realizadas con estas variables otorgan resultados con bajo R^2 , se continúa en el desarrollo de esta parte del algoritmo final.

III.4. Las variaciones diarias

Para poder aplicar los coeficientes de corrección al TMDA de una lectura de un mes dado, primeramente se debe haber llevado la lectura total de este día en cuestión a su promedio mensual. Así explicado, entonces, el valor a ser corregido por el coeficiente mensual, debe ser modificado primero por el coeficiente que hemos denominado como diario.

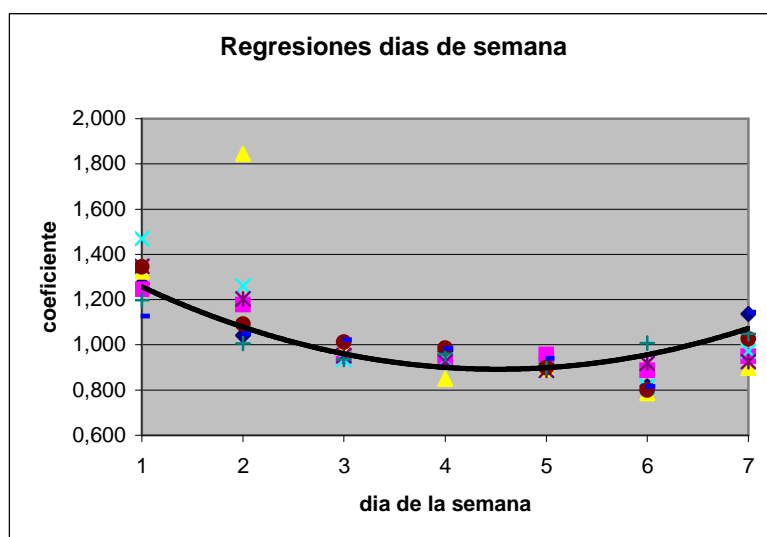
Este coeficiente diario tendrá un valor específico para cada día de la semana, los cuales a su vez se representan por su ordenación en la semana (con 1 para el domingo y 7 para el sábado).

En un principio se pensó que existiría una función para la obtención de los coeficientes diarios para cada tipo de configuración de camino (urbano o rural, con o sin peaje, recreacional o no, etc.), pero los datos recolectados no permiten observar esta diferenciación, e incluso otorgan muy buenos resultados en su regresión directa, como se observa a continuación.

III.4.1. Regresión para coeficientes diarios

En la recolección de datos efectuada, se obtuvieron en algunos casos valores medios para cada uno de los días de la semana, y en otros casos valores para sábados, domingos y valor medio de día laboral, conformándose de esta forma dos grupos de datos. Por esto no puede realizarse la regresión con todas las series obtenidas de los dos grupos juntas. Se decide entonces realizar un primer experimento realizando la regresión con los valores obtenidos para la totalidad de los días de semana del primer grupo y observar como se adapta a los valores del segundo grupo.

Se observa a continuación las gráficas para los valores observados, la forma de regresión que mejor se adapta y los valores obtenidos con las demás formas de regresión.



Regresión Polinómica

$$y = 0,03 x^2 - 0,27 x + 1,149$$

$$R^2 = 0,75$$

Regresión Logarítmica

$$y = -0,13 \ln x + 1,18$$

$$R^2 = 0,39$$

Regresión Potencial

$$y = 1,18 x^{-0,13}$$

$$R^2 = 0,37$$

Regresión Lineal

$$y = -0,03 x + 1,14$$

$$R^2 = 0,20$$

Regresión Exponencial

$$y = 1,13 e^{-0,03 x}$$

$$R^2 = 0,19$$

Empleando entonces la regresión polinómica obtenida, vemos los residuos que se generan con respecto a los valores del segundo grupo.

DOMINGO	PRON D	RESIDUO D	SABADO	PRON S	RESIDUO S
0,993	1,250	0,257	1,027	1,070	0,043
1,064	1,250	0,186	0,994	1,070	0,076
1,012	1,250	0,238	1,002	1,070	0,068
1,056	1,250	0,194	1,003	1,070	0,067
1,060	1,250	0,190	1,003	1,070	0,067
0,988	1,250	0,262	0,929	1,070	0,141
0,980	1,250	0,270	0,988	1,070	0,082
1,032	1,250	0,218	0,999	1,070	0,071

Como se observa, el análisis debe ser mejorado, tarea que se encuentra en desarrollo actualmente.

IV. Conclusiones preliminares

En función de los primeros avances registrados por el trabajo, pueden efectuarse las siguientes conclusiones preliminares:

- Las fuentes de datos de tránsito en la zona central de la Argentina, se encuentran dispersas y desconcentradas.
- No existe un formato de expresión de registro homogéneo y de aceptación general entre aquellos encargados de tales tareas.
- De todos modos, es posible obtener una buena cantidad de registros, los cuales trabajados permiten la conformación de una base de datos homogénea.
- La obtención de algoritmos, en este caso, para la corrección en función de la tasa de crecimiento y de la variación diaria resulta relativamente sencilla. En cambio para reflejar las variaciones mensuales se requieren análisis más complejos y la inclusión de variables de entorno, no obstante lo cual aparentemente resultará también factible.

V. Bibliografía de consulta

- (1) "Ingeniería de Tránsito, fundamentos y aplicaciones", Rafael Cal y Mayor R., James Cárdenas G., Editorial Algaomega, 7ª Edición, México – 1995.
- (2) "Ciudades en Movimiento", Banco Mundial, TWU-44, EEUU – 2002.
- (3) "Ingeniería de Transporte", William W. Hay, Editorial Limusa, México – 1998.
- (4) "Highway Capacity Manual 2000", Transportation Research Board, National Research Council, EEUU – 2000.
- (5) "Fundamentals of Transportation Engineering", C. S. Papacostas, Prentice-Hall, EEUU – 1987.
- (6) "Planeamiento del Transporte", L. Girardotti, Facultad de Ingeniería de la UBA, Argentina – 2003.
- (8) "Vialidad II", C. Wahr, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile – 2003.
- (9) "Accident prediction models for two-lane rural highways", K. R. Kalokota, Prianka N. Seneviratne, UTA Transportation Center, EEUU – 1994.
- (10) "Estructuración de vías terrestres", F. Olivera Bustamante, CECSA, México-1996.
- (11) "Elementos de Ingeniería de Tráfico", C. Kraemer, V. Sánchez Blanco, J. Gardeta Oliveros, Universidad Politécnica de Madrid, España – 1995.
- (12) "Modelos de demanda de transporte", J. de Dios Ortúzar, Algaomega, Chile – 2000.
- (13) "Geografía de redes y sistemas de transporte", J. M. Seguí, España – 1991.

- (14) "XIII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito", Asociación Argentina de Carreteras, Argentina – 2001.
- (15) "Control de tránsito urbano", A. Martínez Márquez, LIMUSA, México – 1979.
- (16) "Los transportes", Zambrini, OIKOS-TAU, España – 1995.
- (17) Material bibliográfico "Maestría en Transporte y Logística", UTN Santa Fé, Argentina 2002-2003-2004.