



Guía para la ejecución de trabajos de campo para la determinación de la oferta y la demanda de los estudios de tránsito para el transporte carretero

Salvador Hernández García
Héctor Daniel Devesa Varas
Guillermo Torres Vargas
Gabriela Cruz González
José Antonio Arroyo Osorno
José Alejandro González García

Publicación Técnica No. 581
Sanfandila, Qro, 2020

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**Guía para la ejecución de trabajos de campo para
la determinación de la oferta y la demanda de los
estudios de tránsito para el transporte carretero**

Publicación Técnica No. 581
Sanfandila, Qro. 2020

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Estudios Económicos y Sociales del Transporte, del Instituto Mexicano del Transporte, por el M. en I. Salvador Hernández García. Contamos con la valiosa colaboración del Ing. Héctor Daniel Devesa Varas, el M. en I. José Antonio Arroyo Osorno, el M. en I. José Alejandro González García y de la Dra. Gabriela Cruz González; así como del Dr. Guillermo Torres Vargas, quien supervisó y revisó el trabajo

Esta publicación es el producto final del proyecto de investigación interna OI-02/19 *Guía para la ejecución de los trabajos de campo para la determinación de la oferta y la demanda de los estudios de tránsito para el transporte carretero.*

Contenido

	Página
Índice de figuras.....	v
Sinopsis.....	vii
Abstract.....	ix
Resumen ejecutivo.....	xi
Introducción.....	1
1 Estudios de campo.....	5
1.1 Trabajos de campo.....	6
1.2 Trabajos de gabinete.....	8
2. Análisis de oferta y demanda del transporte.....	9
2.1 Análisis de oferta.....	9
2.1.1 Características físicas y geométricas de la red de análisis.....	9
2.1.2 Velocidades y tiempos de recorrido.....	9
2.1.3 Planes de desarrollo de infraestructura en la zona de influencia del proyecto.....	9
2.2 Análisis de demanda.....	10
2.2.1 Estudio de origen y destino.....	11
2.2.2 Encuestas de preferencia declarada.....	12
2.2.3 Cuento de tránsito y clasificación vehicular (aforos).....	13
2.2.4 Encuestas a empresas de transporte y grandes usuarios.....	14
2.2.5 Recopilación de información documental.....	14
3 Desarrollo de la guía.....	17

3.1 Plan de trabajo	17
3.2 Diseño de las estaciones	17
3.3 Equipos de aforo	23
3.4 Velocidades y tiempos de recorrido	24
3.5 Encuesta a empresas de transporte y grandes usuarios	28
3.6 Recopilación de información documental.....	29
Conclusiones y recomendaciones.....	33
Bibliografía	35

Índice de figuras

	Página
Figura 1.1 Trabajos de campo	5
Figura 1.2 Trabajos de gabinete	7
Figura 2.1 Tipos de vehículos	10-11
Figura 2.2 Esquema básico de una estación de encuesta origen y destino.....	13
Figura 3.1 Señalamiento preventivo al usuario	18
Figura 3.2 Señalamiento de aviso al usuario	19
Figura 3.3 Dispositivos para el control del tráfico	20
Figura 3.4 Catalogo de conceptos	31

Sinopsis

Este texto tiene como objetivo principal fortalecer la ejecución de los trabajos de campo de los estudios de factibilidad de proyectos de infraestructura carretera, al proporcionar a los responsables de este tipo de trabajos los elementos básicos de seguridad, operación y organización del personal técnico para contar con información suficiente, disponible y consistente para lograr un proceso de planeación confiable. En el caso de las carreteras, la obtención de la información de campo sobre la oferta y la demanda de transporte es de gran importancia para la modelación de escenarios de desarrollo del sistema de transporte carretero.

Presentamos esta guía como una herramienta para lograr un proceso de planeación eficiente al sistematizar la obtención de información confiable que permita, entre otras cosas, tener un inventario de la infraestructura existente en la zona de influencia del proyecto, dimensionar los volúmenes de tránsito y su composición vehicular, estimar velocidades y tiempos de recorrido reales para el cálculo de costos asociados, y beneficios que resultan del diseño de escenarios que permitan plantear soluciones adecuadas de construcción, conservación, rehabilitación o modernización de carreteras.

Palabras clave: infraestructura carretera, aforos, demanda de transporte, encuestas.

Abstract

The aim of this work is to support different fieldwork in roadways, which are part of feasibility studies of road infrastructure projects, such as it provides to responsible people with the basic elements of safety, operation and organization of technical workforce in order to count with enough, available and consistent information for a reliable planning process. In the case of roads projects, obtaining field information of the supply and demand of transport infrastructure is of great importance for modeling the development scenarios of the road transport network.

This guide intended to become a useful tool to achieve an efficient planning process by systematizing the obtaining of reliable information in order to lay out an inventory of existing infrastructure in the influence area of the project. In this way, it allows to dimension the vehicle flow and its composition, estimating real speeds and travel times for the estimation of associated costs and benefits related to different scenarios that allow proposing satisfactory solutions for construction, maintenance, rehabilitation or modernization of road infrastructure.

Key words: road infrastructure, capacity, transport demand, surveys.

Resumen ejecutivo

La guía para la ejecución de trabajos de campo, que determinan la oferta y la demanda de los estudios de tránsito del transporte carretero, hace una descripción de las actividades de campo y gabinete para determinar tiempos de recorrido, velocidades de operación de vehículos en carreteras, aforos y composición vehiculares, encuestas de origen y destino; adicionalmente, las encuestas de preferencia declarada para el caso de autopistas de cuota.

Este trabajo tiene como principal objetivo el fortalecer la ejecución de los trabajos de campo de los estudios de factibilidad de proyectos de infraestructura carretera; al proporcionar a los responsables de este tipo de trabajos los elementos básicos de seguridad, operación y organización del personal técnico para contar con información suficiente, disponible y consistente para lograr un proceso de planeación confiable. En el caso de las carreteras, la obtención de la información de campo sobre la oferta y la demanda de transporte es de gran importancia para la modelación de los escenarios de desarrollo del sistema de transporte carretero.

Esta guía pone de manifiesto la gran importancia de contar con información confiable que permita, entre otras cosas, tener un inventario de la infraestructura existente en la zona de influencia del proyecto, dimensionar los volúmenes de tránsito y su composición vehicular, estimar las velocidades y tiempos de recorrido reales para el cálculo de los costos asociados, y los beneficios que podría haber al diseñar escenarios que permitan plantear soluciones adecuadas de construcción, conservación, rehabilitación o modernización de carreteras.

En los estudios de transporte, es necesario contar con información suficiente, disponible y consistente para lograr un proceso de planeación confiable. En el caso de las carreteras, la obtención de la información sobre la demanda de transporte es de gran importancia para conocer temas clave para la toma de decisiones tales como:

- El número de usuarios según su longitud (p. e. corta distancia: aquellos usuarios locales, mediana distancia: los que vayan de un municipio a otro dentro del mismo estado y larga distancia: los que crucen el estado) y el propósito del viaje
- La geometría de las carreteras, el ancho de la corona, el número de carriles por sentido de circulación, la ubicación de los entronques y tipo de entronque
- Los niveles de congestión y demoras
- El esquema de financiamiento; si es con recursos fiscales o mediante un esquema de asociación público privado (APP) como la concesión, el proyecto de prestación de servicios (PPS), aprovechamiento de activos, entre otros

- En el caso de autopistas de cuota, el esquema tarifario que será implementado y la disponibilidad al pago de los distintos tipos de usuarios
- Los flujos direccionales para determinar la ubicación de las plazas de cobro y definir si el sistema de cobro del peaje es cerrado o es abierto.
- Prever posibles cambios en la infraestructura de transporte futura

En la elaboración de los estudios de factibilidad de proyectos, es importante mencionar que, para reducir riesgos durante la ejecución de los trabajos de campo se cuente con los oficios correspondientes de las autoridades para que se brinde el apoyo a las brigadas, personal que realice los trabajos y los usuarios de las carreteras, y se diseñen las estaciones conforme al Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Carreteras que publica la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El programa de trabajo de las actividades de campo es de aproximadamente 45 días naturales, en tanto que de los trabajos de gabinete es de 60 días naturales.

Dependiendo de los aforos en los tramos carreteros donde se levanten las encuestas; se requieren brigadas para las carreteras de jurisdicción federal, de al menos seis encuestadores y dos bandereros por carril.

Introducción

La ejecución de los trabajos en campo se apoya en diversas actividades multidisciplinarias relacionadas principalmente con la ingeniería de tránsito, y abarca conocimientos diversos en:

- Planeación del transporte
- Operación del tráfico
- Diseño geométrico de carreteras
- Ingeniería de pavimentos
- Diseño y planeación

La guía está orientada a la realización de estudios técnicos, económicos, financieros, ambientales y sociales, que implican conocimientos en economía, estadísticos, legales, financieros, informáticos, psicológicos, ambientales, entre otros; por lo que se requiere contar con recursos humanos con especialidad en los siguientes ámbitos:

- Modelador: experto en investigación de operaciones.
- Ingeniero en sistemas: con conocimientos en métodos numéricos, probabilidad y estadística, computación y programación.
- Especialista en estadística: caracterización y validación de la información.
- Especialista en economía: modelos econométricos.
- Abogado: conocimiento en temas legales de la administración pública.
- Especialistas del entorno como: urbanista, impacto ambiental, sociólogo y arquitecto.

El transporte es una actividad económica para efectuar el movimiento de bienes o personas de un punto a otro (demanda), utilizando instalaciones fijas y móviles (oferta).

La oferta de transporte representa la cantidad de bienes o servicios que un productor desea ofrecer, a un precio determinado, a través de una vía que puede ser carretera o ferroviaria, ruta marítima o aérea. Además, requiere de instalaciones fijas como terminales, estacionamientos, centros de transferencia, puertos, hangares, paraderos, estaciones, túneles, entronques, etc.

La demanda es la relación entre las actividades socioeconómicas y las necesidades de transporte como tiempos de recorrido, orígenes y destinos, características del viaje, vehículos, usuarios, motivos del viaje, etc.

Los principales conceptos empleados en el transporte de infraestructura carretera son: los elementos que se trasladan que puede ser de carga o de pasajeros, la capacidad (medida en personas, en los casos del automóvil y el autobús, y toneladas en el caso del camión); los tiempos de recorrido o traslado de los

vehículos expresado en horas y minutos; la velocidad de operación de los vehículos en km/h, el tipo de superficie de rodamiento sobre el cual los vehículos realizan el desplazamiento, las líneas de deseo determinadas por la matriz de origen y destino, las características del viaje si es de trabajo, de compras, estudio o placer; las frecuencias de los viajes y el alcance si es urbano, suburbano o interurbano, entre otros conceptos.

El transporte puede ser clasificado de varias maneras, dependiendo de la finalidad con la que se aplica, las más utilizadas son las siguientes:

Por el contenido a transportar

- Transporte de carga, que es considerado como parte de la cadena de distribución y suministro encargada del traslado de bienes o productos, por un precio o flete.
- Transporte de personas, que tienen el deseo de viajar por diferentes motivos y por el cual se tiene un costo de transporte.

Por el alcance del viaje

- Dependiendo del tiempo, la distancia y la frecuencia de los viajes; pueden ser clasificados en urbanos, interurbanos, regionales e internacionales.

Por la propiedad del vehículo

- Este puede ser clasificado en transporte público, como metrobús, sistema colectivo metro, trolebús, taxi, entre otros; y en transporte privado.

Asimismo, el estudio del transporte se apoya en diversos elementos metodológicos, entre los que destacan:

Análisis de oferta

Características físicas y geométricas de la red bajo análisis

Planes de desarrollo de infraestructura en la zona de influencia del proyecto

Velocidades y tiempos de recorrido

Caracterización de la oferta

Análisis de Demanda

Estudio de origen-destino

Entrevistas a empresas de transporte

Entrevistas a grandes usuarios

Encuestas de preferencia declarada

Conteo de tránsito y clasificación vehicular (aforos)

Recopilación de información documental

Caracterización de la demanda

Análisis de información y desarrollo de modelos para asignación y pronóstico de tránsito

Zonificación básica e indicadores socioeconómicos

Definición de escenarios

Matriz origen y destino

Codificación y expansión de la muestra

Confrontación oferta y demanda

Modelo de captación

Asignación de tránsito, en diferentes escenarios

Pronóstico de tránsito, en diferentes escenarios

El objetivo de esta guía es orientar a los responsables de la ejecución de los trabajos de campo, sobre las particularidades que deberán atender in situ durante la instalación de las estaciones de encuestas origen y destino: preferencia declarada, de aforo y de lectura de placas, así como de los recorridos de reconocimiento de la zona de influencia del proyecto y la red carretera que será analizada; con la finalidad de reducir los riesgos de accidentes y para garantizar la funcionalidad y seguridad de los encuestadores, coordinadores y jefes de brigada, así como de los usuarios de las carreteras durante la realización de estos trabajos; lo que nos llevará a obtener resultados con un alto grado de confiabilidad en el acopio de la información que usaremos en los estudios de planeación.

Con la finalidad de identificar las acciones que en materia de infraestructura de transporte carretero resulten necesarias para disminuir los costos generalizados de transporte, así como fomentar la integración modal vinculada directamente a las estrategias sectoriales para el desarrollo de la infraestructura, es necesario llevar a cabo estudios de oferta y demanda de transporte que permitan al decisor elegir la mejor alternativa de un abanico de opciones como pudieran ser la construcción, modernización, rehabilitación y conservación de tramos carreteros, con base en su rentabilidad socioeconómica.

En los estudios de mercado para el sistema de transporte carretero, el análisis de la demanda de transporte implica el desarrollo de actividades para la recolección integrada de datos de campo, cuya fuente es el usuario de estas vías.

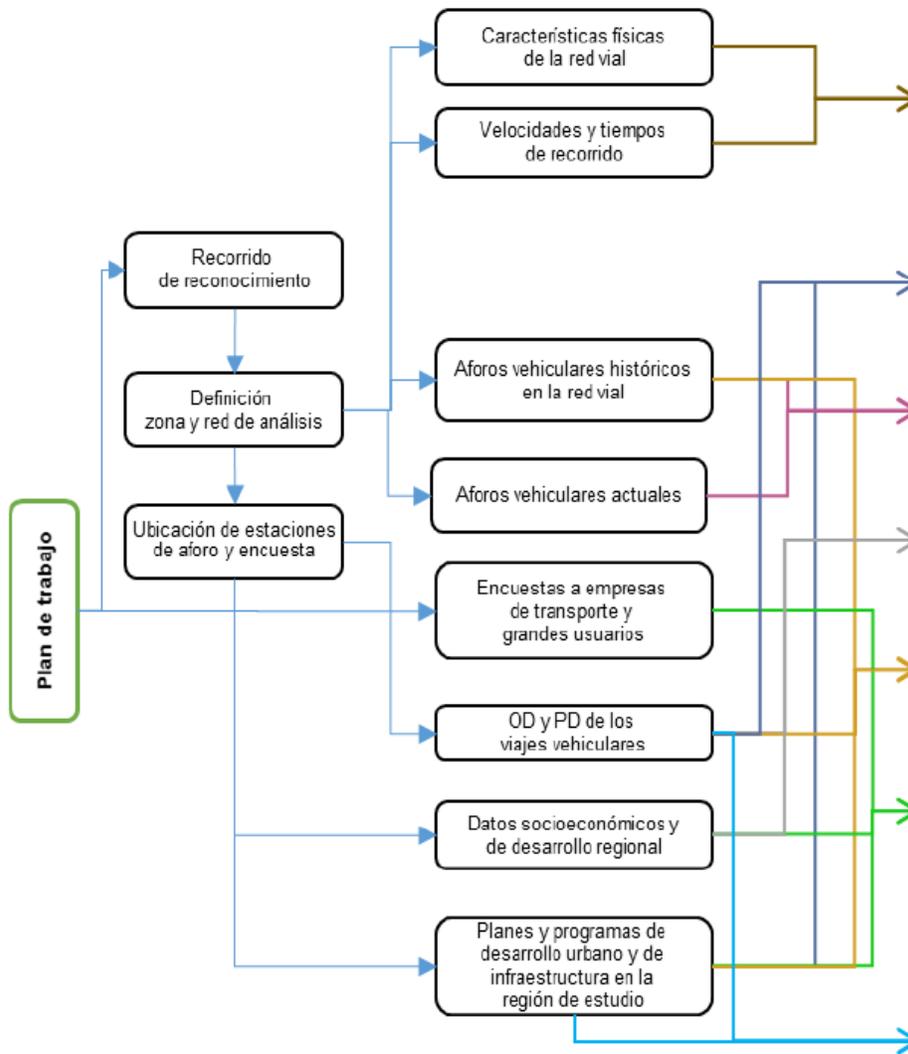
Es importante contar con documentos expedidos por una autoridad oficial para que durante el desarrollo de los trabajos se proporcione el apoyo necesario por parte de las autoridades civiles y militares, para que pueda garantizarse la seguridad tanto de los usuarios como del personal encargado del estudio.

Organización de la guía

Esta guía está compuesta por cinco apartados principales; en el primero de ellos realizamos la introducción al tema, donde se incluye la descripción del objetivo general que pretendemos alcanzar para mejorar la eficacia y eficiencia en la obtención de datos de campo, así como los alcances de las actividades desarrolladas. En el capítulo 1, Estudios de campo, distinguimos las dos principales etapas que componen a los estudios viales. Para el capítulo 2, Análisis de oferta y demanda de transporte, son descritas las actuales condiciones de viaje y la existencia de proyectos en la zona de influencia. En el capítulo 3, Desarrollo de la guía, explicamos puntalmente sobre la recolección de la información de campo, mencionando las características del equipo que tiene que emplearse para este tipo de actividades. En el capítulo 4 mencionamos las conclusiones y recomendaciones para aplicar correctamente las medidas de seguridad y operación de las estaciones de campo y el correcto manejo de los bancos de información. Finalmente, en la Bibliografía recomendamos la lectura de diferentes publicaciones, para profundizar y mejorar la ejecución de este tipo de trabajos.

1 Estudios de campo

Esta guía ofrece una visión general sobre las actividades que se tienen que llevar a cabo en los trabajos de campo; destaca cada uno de los conceptos que deben ser atendidos durante la ejecución de dichos trabajos, con apego a las normas oficiales que publica la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), y considerando que estas actividades forman parte de un proceso de planificación e investigación de flujos de tránsito vehicular. A pesar de la diversidad de circunstancias que rodean a dichos estudios, es identificado un patrón general de dos etapas: trabajos de campo y trabajos de gabinete, muy relacionadas entre sí, que son descritos a continuación, véase las figuras 1.1 y 1.2.



Fuente: elaboración propia

Figura 1.1 Trabajos de campo

1.1 Trabajos de campo

Es importante contar con las especificaciones técnicas del proyecto carretero que vamos a estudiar, a través de recorridos de reconocimiento por la zona de influencia para identificar posibles puntos de generación o atracción de flujos en la red vial que vaya a ser analizada y hacer un inventario de la infraestructura de transporte existente y sus condiciones actuales de operación. Asimismo, estos recorridos servirán para definir los tramos de la red carretera, y determinar las velocidades de operación y tiempos de recorrido de cada uno de ellos, ubicar las estaciones de aforo, encuestas de preferencia declarada y de origen y destino.

En la zona de influencia del proyecto, recomendamos concertar reuniones con las autoridades locales, municipales o estatales; para que ellos proporcionen información sobre los planes y programas de desarrollo urbano y de infraestructura económica y social del lugar y que pudieran incidir en el proyecto que estamos estudiando.

El punto de partida para el conteo de vehículos es tener conocimiento de la clasificación de los vehículos que transitan por la red federal de carreteras, para ello se emplea el catálogo del Diario Oficial de la Federación (DOF): 14/11/2014: NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2014, sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal. Esta clasificación considera a los automóviles y pick up (vehículos tipo A), autobuses (vehículos tipo B) y caminos de carga (vehículos tipo C); estos últimos a su vez se clasifican en camiones unitarios (CU) y camiones articulados (CA).

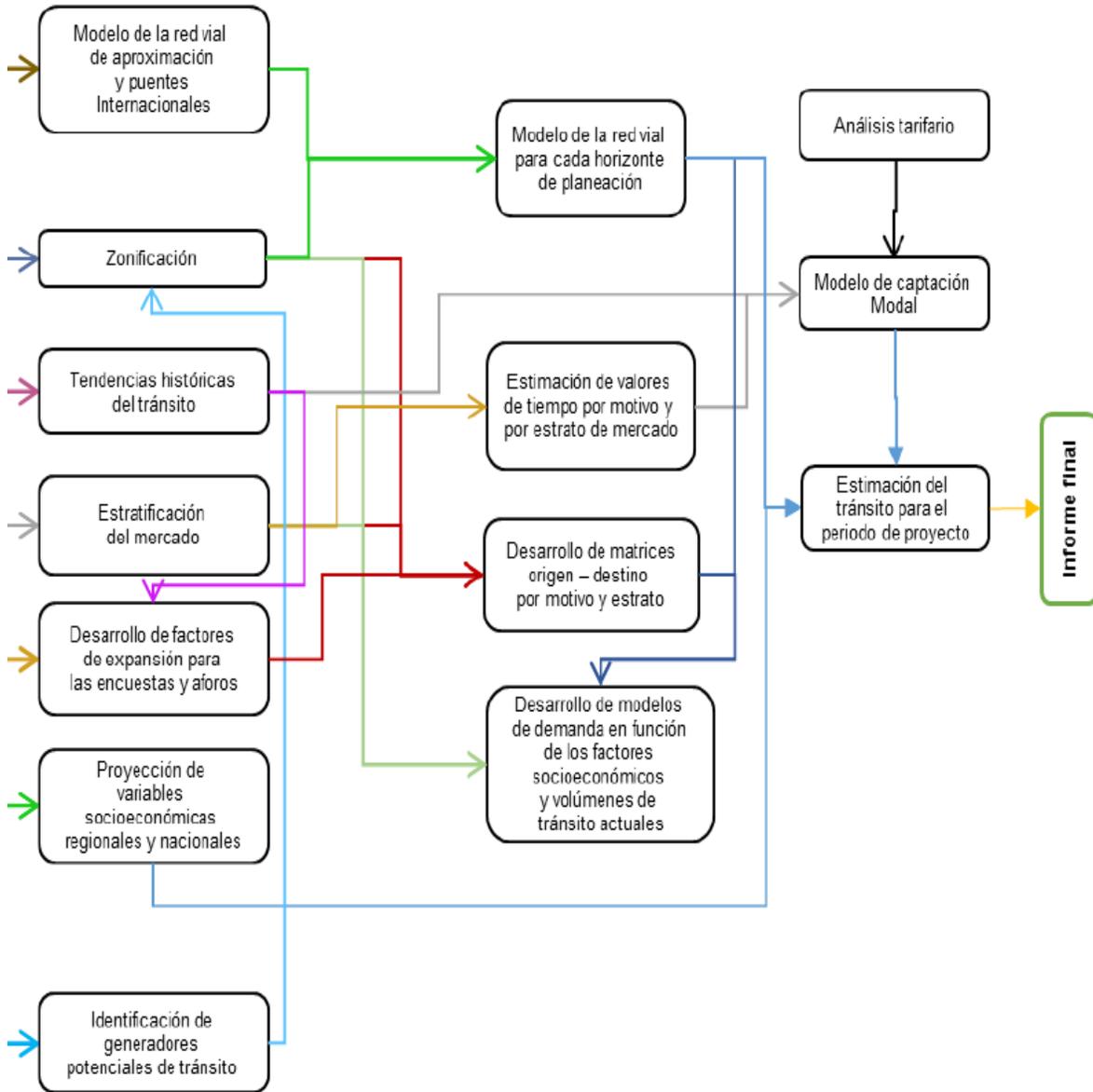
Para determinar los datos históricos del tránsito y su clasificación vehicular, se emplean las publicaciones anuales de Datos Viales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes que pueden ser consultados en su página oficial <https://www.gob.mx/sct>.

De acuerdo con la zonificación que se haya planteado, debemos recabar la serie histórica de los datos socioeconómicos para cada zona; ya que servirá como insumo para el uso de los modelos de transporte para la generación, distribución y asignación de flujos de tránsito vehicular y su pronóstico.

Recomendamos acudir a las oficinas de las empresas dedicadas a ofrecer servicios de transporte de carga y de pasajeros; así como hacer visitas a los grandes usuarios para levantar encuestas y conocer sus políticas de expansión de sus servicios en el futuro, para incorporarlas en el modelo de planeación de transporte.

Para el manejo de altos volúmenes de información es necesario supervisar cada una de las actividades de campo, llevar a cabo pruebas de confianza y evaluación estadística de datos y errores de medición que garanticen minimizar la magnitud de

la incertidumbre en los datos recabados en campo; para contar con bancos de información suficientes, disponibles y consistentes para lograr un proceso de planeación confiable.



Fuente: elaboración propia

Figura 1.2 Trabajos de gabinete

1.2 Trabajos de gabinete

Una vez concluidos los trabajos de campo y validadas las muestras de los datos, tanto de la oferta como de la demanda, procedemos a determinar los factores de expansión con técnicas de probabilidad y estadísticas para el diseño de experimentos empleados en los modelos de transporte. La calibración de dichos modelos se realiza mediante un proceso iterativo, para simular el comportamiento real de los flujos, mientras que, para el caso del pronóstico de demanda; se hace una proyección de las variables socioeconómicas tanto regionales como nacionales para determinar los flujos futuros en el horizonte de planeación establecido.

En el caso de proyectos de autopistas de cuota, hay que llevar a cabo un análisis de tarifas y su disposición al pago por parte de los usuarios, para conocer sus preferencias sobre el uso de una vía de peaje y la posible captación que pudiere tener el proyecto ante diferentes niveles tarifarios.

Los resultados del estudio de mercado nos permiten calcular los tránsitos existentes o actuales; los potenciales, asignados, inducidos y generados expresados en Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) y su clasificación vehicular, en cada tramo que conforma la red de análisis, para las situaciones sin proyecto y con proyecto con diferentes condiciones de operación determinadas por los programas de conservación, mantenimiento y rehabilitación; así como para cada escenario de desarrollo, por período y por alternativas de solución.

2 Análisis de oferta y demanda del transporte

2.1 Análisis de oferta

2.1.1 Características físicas y geométricas de la red de análisis

Como parte de los trabajos de campo, realizamos recorridos para identificar las características geométricas, físicas y operativas de la red de influencia del proyecto; tales como longitud, número de carriles, ancho de carril, ancho de acotamientos, condiciones del pavimento y del señalamiento, ubicación de semáforos, casetas de cobro y reductores de velocidad, tipo de terreno, el ámbito de desarrollo de la vía (urbano, rural, interurbano). La información recopilada deberá ser incorporada a una base de datos que posteriormente se integre al modelo de oferta.

2.1.2 Velocidades y tiempos de recorrido

Realizamos estudios de tiempos de recorrido sobre los arcos que integran la red de análisis con el método del vehículo flotante (recomendable) o lectura de placas. Los recorridos son realizados en horas de máxima demanda y en horas valle, en dos días entre semana y en fin de semana, por tipo de vehículo: automóvil, autobús y al menos dos tipos de camiones (unitarios y articulados). De esta manera podremos determinar la velocidad de operación promedio para cada tramo de la red de influencia y medir el grado de congestión de las vialidades y el estado de la superficie de rodamiento.

2.1.3 Planes de desarrollo de infraestructura en la zona de influencia del proyecto

Realizamos el acopio de información consistente en los planes de desarrollo y el mejoramiento de la infraestructura carretera a nivel federal, estatal y municipal; a fin de conocer las acciones previstas en los próximos años dentro la zona de influencia del proyecto, ya que podrían generar algún impacto positivo o negativo durante su operación.

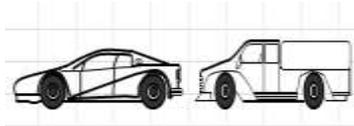
Asimismo, identificamos los proyectos previstos dentro de otros modos de transporte que de igual manera pudieran tener algún impacto en el proyecto. Es importante establecer comunicación con las autoridades estatales, municipales y locales e involucrarlas en las etapas del proyecto; ya que podrían proporcionar información valiosa sobre sus planes de desarrollo y contar con su apoyo para la ejecución de los trabajos.

2.2 Análisis de demanda

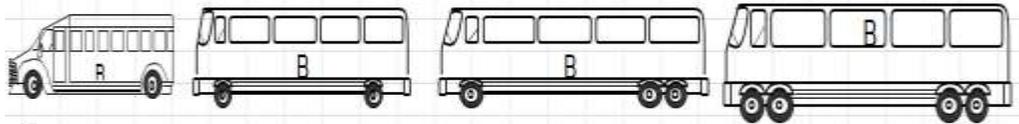
Para estimar la demanda dentro de la red de influencia del proyecto, realizamos encuestas de origen-destino, encuestas de preferencia declarada y conteos de tránsito con clasificación vehicular (aforos), de acuerdo con el siguiente criterio de clasificación.

El punto de partida para el conteo de vehículos es tener conocimiento de la clasificación de los vehículos que transitan por la red federal de carreteras; para ello fue preparado el siguiente catálogo de automóviles (vehículos tipo A), autobuses (vehículos tipo B) y caminos de carga (vehículos C) que a su vez se clasifican en unitarios (CU) o camiones articulados (CA), cuya fuente es el DOF del 14/11/2014: Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2014, sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.

Vehículos tipo **“A”** automóviles y pick up



Vehículos tipo **“B”** autobuses de 2, 3 y 4 ejes

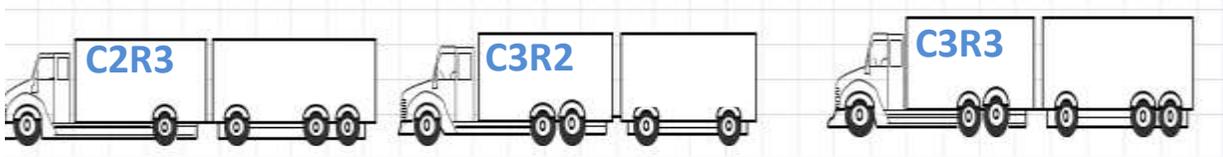


Vehículos tipo **“C”** camiones unitarios de 2, y 3 ejes (CU)

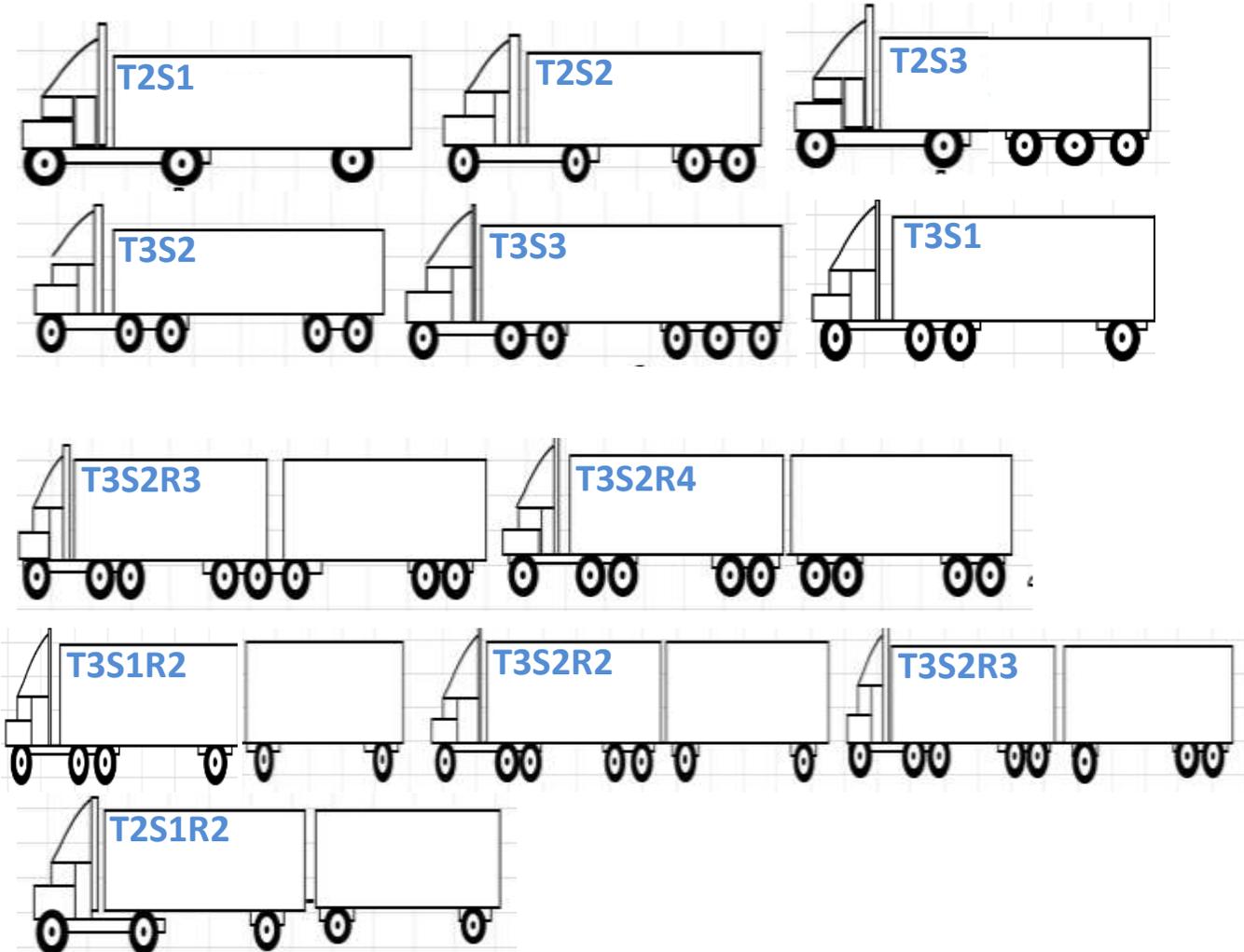


Vehículos tipo **“C”** camiones con remolque





Vehículos tipo “C” camiones articulados: tractor, semi-remolque o remolque



Fuente: elaboración propia

Figura 2.1 Tipos de vehículos

2.2.1 Estudio de origen y destino

Debemos obtener información acerca del origen y destino de los usuarios mediante encuestas directas al conductor, en estaciones diseñadas conforme al Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Carreteras que publica la Secretaría de

Comunicaciones y Transportes, y ubicadas en lugares que garanticen la seguridad y funcionalidad de la estación tanto de los usuarios como de los encuestadores. Obtendremos información acerca del origen y destino de los viajes, el propósito de los viajes, la frecuencia, el nivel de ingresos del conductor y el tipo de carga transportada, entre otros.

Las encuestas serán aplicadas conforme a lo siguiente:

El levantamiento de datos de origen-destino es realizado mediante encuesta directa al conductor; en una muestra representativa con un nivel de confianza del 95% y un error estadístico del 3%, durante cuatro días, las 24 horas, de jueves a domingo; o bien, de sábado a martes. La muestra se determina para cada uno de los siguientes tipos de vehículos: automóvil, autobús, camión unitario, camión articulado de 4 y 5 ejes, y camión articulado de más de 6 ejes.

Para la instalación de las estaciones, se visitan previamente los sitios donde serán instaladas las estaciones y se capacita al personal de campo que participará en los estudios. El diseño de las estaciones origen-destino debe considerar aspectos operacionales y de seguridad, tal y como lo indica el Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Carreteras.

El señalamiento es diurno y nocturno, utilizando dispositivos de línea fabricados para este fin. Las estaciones deberán operar eficientemente y deberán proporcionar seguridad a los usuarios de las carreteras y al personal que desempeña labores de campo.

2.2.2 Encuestas de preferencia declarada

En el caso de considerar la construcción de autopistas de cuota, se diseña y aplica una encuesta mediante la técnica de preferencia declarada en los mismos puntos de la encuesta origen-destino, de manera simultánea.

Con base en la encuesta de preferencia declarada y el análisis de las variables socioeconómicas, se segmenta el mercado de la nueva vía en grupos homogéneos en cuanto a su valoración del tiempo. De esta manera se dispondrán, para el análisis, los segmentos con distinta disponibilidad de utilizar la nueva infraestructura.

El diseño del formato de encuesta es presentado a la dependencia contratante, la cual deberá contar con profesionales experimentados en este tipo de encuestas; ya que el resultado obtenido permitirá calibrar el modelo de captación para la simulación de flujos, y analizar la sensibilidad del usuario ante diferentes niveles y estructuras tarifarias.

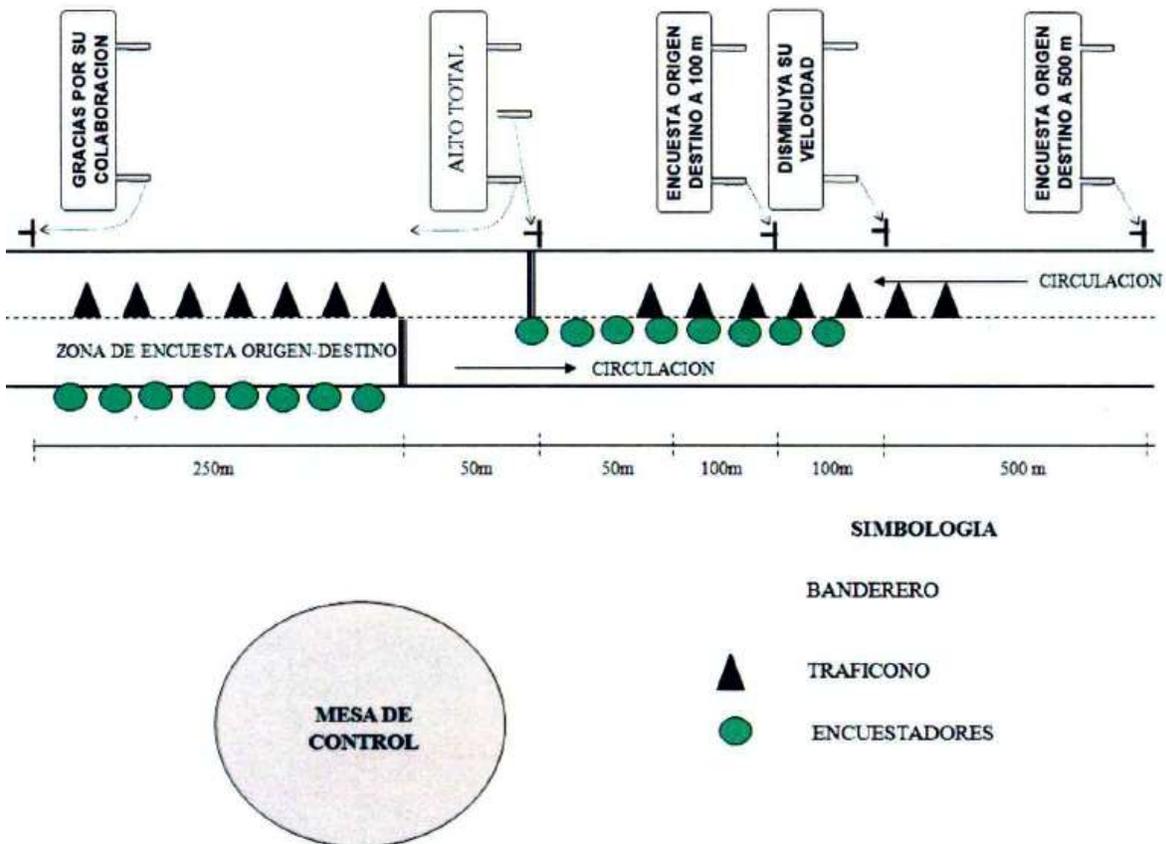
El número mínimo de encuestas se determinará mediante un análisis estadístico y deberá ser el suficiente para cada una de las siguientes categorías:

Automóviles de corto itinerario por motivo de trabajo

- Automóviles de corto itinerario por otros motivos
- Automóviles de largo itinerario por motivo de trabajo
- Automóviles de largo itinerario por otros motivos
- Camiones unitarios de corto itinerario
- Camiones unitarios de largo itinerario
- Camiones articulados de corto itinerario
- Camiones articulados de largo itinerario

2.2.3 Conteo de tránsito y clasificación vehicular (aforos)

Se lleva a cabo el conteo de tránsito y clasificación vehicular en un número determinado de estaciones aforadoras de acuerdo con la zona de influencia del proyecto y a los recursos destinados para este fin; durante siete días, las 24 horas, con cortes de datos por hora, por día y por sentido de circulación. Se instalan las estaciones de aforo simultáneas a la aplicación de las encuestas de origen-destino y en otros sitios estratégicos como entronques, puntos de generación y atracción de flujos, y distribuidores viales, donde sea necesario conocer los flujos direccionales.



Fuente: elaboración propia

Figura 2.2 Esquema básico de una estación de encuesta origen y destino

2.2.4 Encuestas a empresas de transporte y grandes usuarios

Es conveniente incorporar información que resulte de las entrevistas e investigación de mercado que se haga en las cámaras de transporte de carga y de pasajeros, y empresas de autotransporte de carga que ofrecen el servicio, y con los grandes usuarios; para así conocer el patrón de rutas y sus perspectivas de expansión, con el objetivo de identificar potenciales zonas de atracción y generación de flujos.

Además, se realiza una investigación de las condiciones económicas de las empresas que sean usuarios potenciales de la infraestructura carretera en la zona, así como de consorcios de mensajería y carga, incluidas las empresas de autotransporte, con el propósito de percibir interés por el proyecto, de captar su opinión sobre el uso de las carreteras de cuota y algunos otros aspectos que ilustren la posibilidad de éxito del proyecto. En este sentido, se llevan a cabo entrevistas por personal experimentado con capacidad y habilidad de reacción e improvisación, y de acuerdo con los temas que resulten de interés para el estudio de demanda.

En el documento técnico no. 6 del IMT “Guía metodológica para el estudio de sistemas regionales de transporte” elaborado por Alfonso Rico Rodríguez, Oscar de Buen Richkarday y Miguel Ángel Nava Uriza; se pueden consultar diferentes formatos para la elaboración de las encuestas.

2.2.5 Recopilación de información documental

Se recopila la información correspondiente a diversas variables socioeconómicas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), que sean consideradas como relevantes para el desarrollo del estudio, como población, población económicamente activa (distribución por edades y nivel de ingreso), parque automotor (por tipo de vehículos), producción agropecuaria y forestal, producto regional bruto, actividades económicas predominantes en la región, proyectos de desarrollos urbanos e industriales, usos del suelo en la zona de influencia del proyecto, pronósticos del producto interno bruto, índice de inflación, e ingreso medio, entre otras variables que caractericen el desempeño socioeconómico.

Asimismo, se obtienen los aforos históricos, de los últimos 10 años, en las carreteras que conforman la red en análisis, con el objetivo de determinar el crecimiento en la demanda y sus variaciones de estacionalidad; así como su relación con las variables socio-económicas y modificaciones realizadas a la infraestructura vial. Estos datos se podrán obtener de las publicaciones de Datos Viales que emite la SCT, de operadoras de autopistas de cuota, entre otros.

Esta información será de utilidad para determinar con mayor precisión el comportamiento histórico de la demanda, y así proyectar con mayor precisión la demanda futura.

Para profundizar más sobre los formatos que pueden emplearse para el levantamiento de la información en campo, recomendamos consultar el documento técnico no. 6 del IMT “Guía metodológica para el estudio de sistemas regionales de transporte”, antes mencionada.

3 Desarrollo de la guía

3.1 Plan de trabajo

Para tener una buena planificación de los trabajos de campo es necesario conocer el proyecto desde el trazo de la carretera, sus características geométricas como su longitud, ancho de calzada, ancho de corona, número de carriles por sentido de circulación, los principales puntos que comunicará, hasta la topografía del terreno donde se construirá el proyecto; asimismo, es importante hacer un reconocimiento previo del área de estudio, con recorridos en vehículo; además, se tienen que contar con los recursos económicos suficientes para sufragar los gastos, y desde el inicio de las actividades incorporar en el equipo de trabajo a un experto modelador, con el fin de que represente la realidad, en la medida de lo posible, sobre los flujos de transporte en sus modelos de planeación.

Con el pleno conocimiento del proyecto, se realizan los trabajos de gabinete para determinar la cobertura de la red de análisis; el tamaño de las muestras; el diseño de los formatos de las encuestas origen y destino; la preferencia declarada; los aforos, velocidades y tiempos de recorrido; el tipo de estaciones que se instalará para los estudios de demanda; la localización apropiada de las estaciones, cuidando que se garantice la seguridad y funcionalidad de estas; la programación de la ejecución de los trabajos y la logística de las actividades, evitando en la medida de lo posible períodos atípicos como semana santa y fiestas decembrinas. Asimismo, se determina el número de personas que participará en cada estación, y sus categorías (bandereros, encuestadores, coordinadores y el jefe de la estación), las jornadas de trabajo en cada una de las estaciones horas/día y los períodos correspondientes.

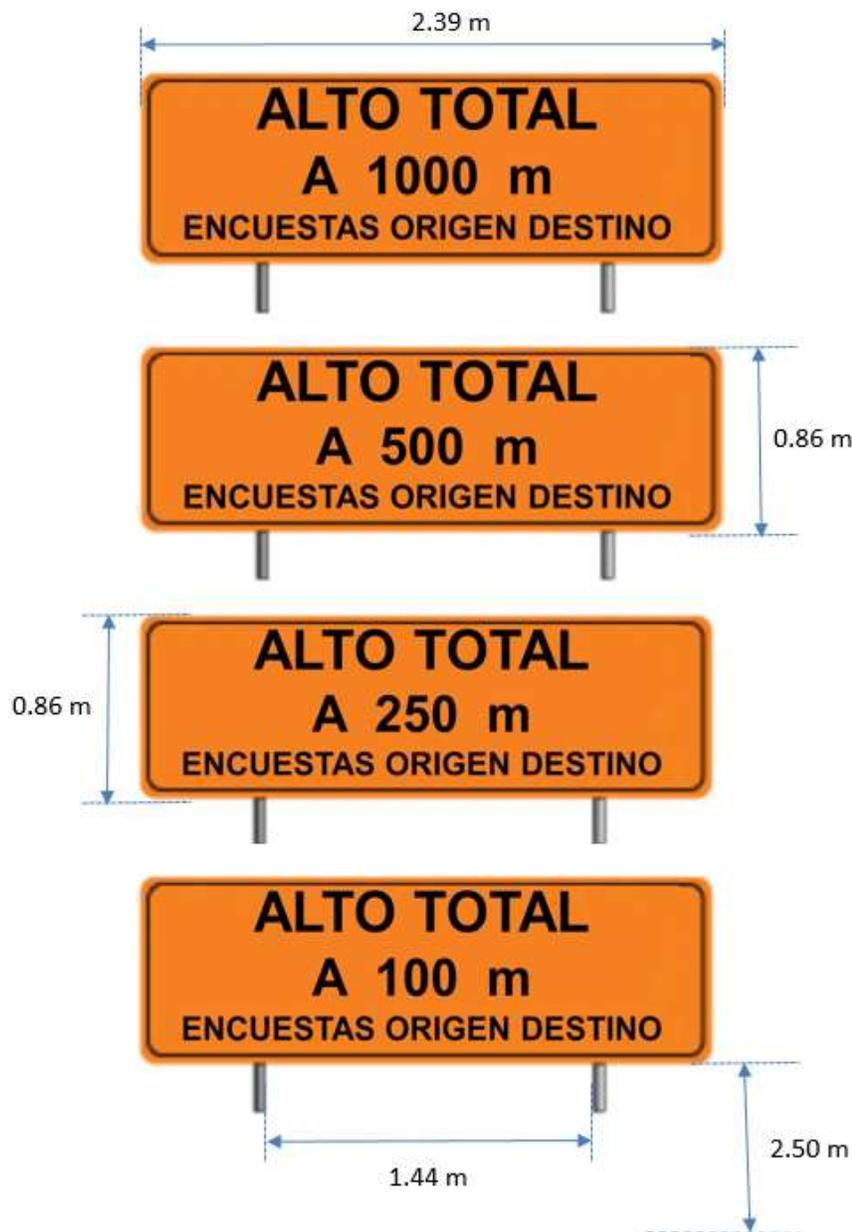
En el caso de las encuestas origen y destino, recomendamos operarlas las 24 horas de jueves a domingo o de sábado a martes, ya que se considera que el martes es representativo de miércoles, jueves y viernes; o bien el jueves, que es representativo de lunes, martes y miércoles.

3.2 Diseño de las estaciones

Para los estudios de encuestas origen y destino, así como de preferencia declarada, se deben tomar en cuenta una serie de factores como la ubicación de la estación, las características del flujo vehicular, la distancia de visibilidad, el clima, entre otros, para garantizar la correcta operación de la estación. El señalamiento preventivo que sugerimos emplear en las estaciones de encuestas es el siguiente:

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2011, Señalamiento Horizontal y Vertical de Carreteras y Vialidades Urbanas; deben emplearse señales preventivas bajas en tableros de lámina galvanizada fijados en postes, marcos y

otras estructuras, integradas con leyendas y símbolos cuyo propósito sea prevenir al usuario sobre la existencia de algún peligro potencial en el camino y su naturaleza. El catálogo completo de estas señales y las condiciones bajo las que se deben emplear, se presentan en el **“Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes 2014”**.



Fuente: elaboración propia

Figura 3.1 Señalamiento preventivo al usuario

Para el caso de las señales informativas, sugerimos emplear tableros con lámina galvanizada. Son señales bajas que se fijan en postes, marcos y otras estructuras. El catálogo completo de estas señales y las especificaciones en las que se deben emplear se presentan en el mismo Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad.

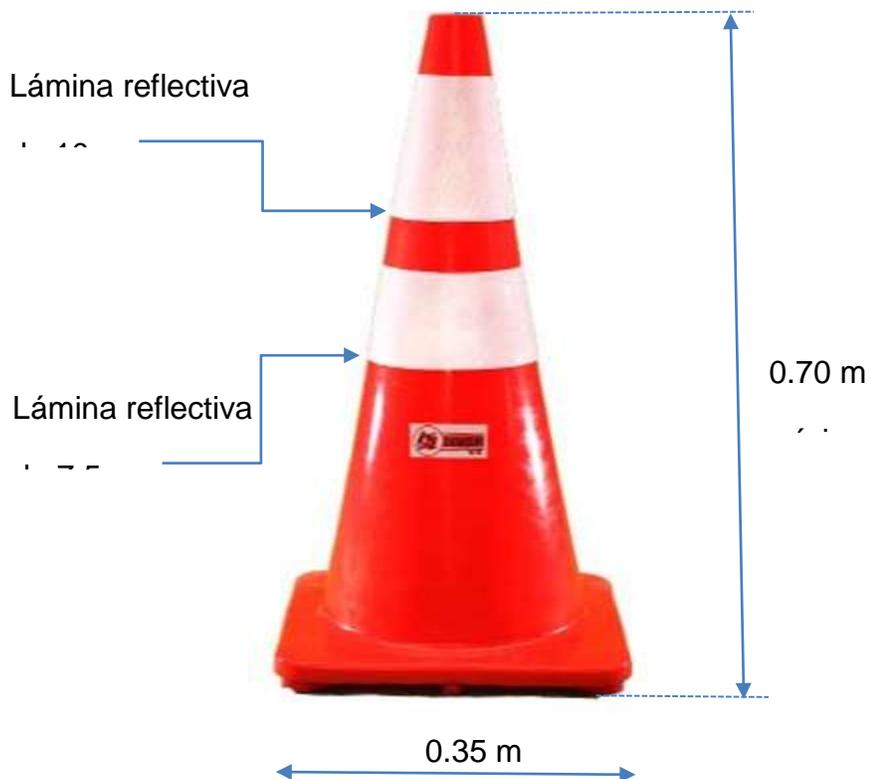
A continuación, hacemos algunas sugerencias en cuanto a las dimensiones del señalamiento; sin embargo, las características particulares de cada una de ellas deberán ser tomadas en cuenta para el diseño definitivo.



Fuente: elaboración propia

Figura 3.2 Señalamiento de aviso al usuario

El uso de traficonos y trafitambos de polietileno es importante para ofrecer funcionalidad y seguridad a los trabajadores y usuarios que se encuentren en una estación de encuestas; ya que nos permite orientar y dirigir a los conductores sobre la delimitación de las áreas de trabajo, para tener una mayor fluidez; por lo que se debe contar con un número suficiente de este tipo de elementos.



Fuente: elaboración propia

Figura 3.3 Dispositivos para el control del tráfico

Conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SCT2-2015 publicada el viernes 24 de junio de 2016, "Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales", los traficonos se colocarán en serie sobre superficies uniformes; la definición de su número y ubicación depende de la configuración de la estación, de las velocidades con que circulan los vehículos por ella y del espaciamiento longitudinal en el sentido del tránsito, que no será mayor que la distancia de 5 metros para velocidades inferiores a 40 Km/h indicada en la norma antes señalada.

Para el abanderamiento de la estación, se debe aplicar la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-086-SCT2-2015, “Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales”, conforme a lo siguiente:

La bandera es de tela natural o sintética, roja o naranja fluorescentes de sesenta por sesenta (60x60) centímetros, acoplada a un asta de cien (100) centímetros de longitud. La bandera se puede usar en las zonas de trabajo de las carreteras, y vialidades urbanas y rurales.

El banderero utilizará un casco blanco y un chaleco color naranja o amarillo, fluorescentes. El casco y el chaleco, para mejorar su visibilidad nocturna, tendrán por la parte frontal y posterior, bandas blancas de películas reflejantes que cumplan con lo indicado en el subinciso 6.4.1.4. de la NOM-034-SCT2-2011 “Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas”.

Para indicar un alto al tránsito, el banderero se colocará de frente a la circulación y mostrará hacia el tránsito la cara “ALTO” de la señal “ALTO/SIGA”, o extenderá el asta de la bandera horizontalmente; de manera que toda su área esté visible debajo del asta y, en ambos casos, levantará la mano libre mostrando la palma hacia el tránsito.

Para indicarle al usuario detenido que puede avanzar, el banderero, de frente a la circulación, mostrará hacia el tránsito la cara “SIGA” de la señal “ALTO/SIGA”, o bajará su bandera y, en ambos casos, indicará a los usuarios, moviendo la mano libre de un lado a otro, que pueden avanzar.

En las estaciones de los trabajos de campo, se tiene que considerar la distancia o intervalo de seguridad entre vehículos y evitar la colisión por alcance; para ello se tiene que hacer un análisis de las medidas de precaución necesarias.

Como sabemos, la inobservancia del intervalo de seguridad entre vehículos puede provocar la colisión de los vehículos por alcance.

Para el análisis, se tienen que considerar los siguientes puntos:

- Separación, que no sea menor de tantos metros como kilómetros por hora sea la velocidad con que circulen los vehículos.
- Distancia entre vehículos prudente y que en ningún caso sea inferior en metros, a aproximadamente 0.5 metros por cada kilómetro de velocidad; con lo que, si circulan a 5 Km/h, la separación que deben guardar será de 2.5 metros. Fundación CEA (Comisariado Europeo del Automóvil) <https://www.seguridad-vial.net/>
- Si la distancia de seguridad es adecuada, nos debe dar tiempo de frenar sin ninguna consecuencia, según la publicación “La vida, cuestión de

metros". Revista Española de Tráfico y Seguridad Vial, núm. 198/2009. Págs. 21 a 22.

- Otra alternativa es considerar la regla de los 2 segundos entre el 1er. vehículo y el siguiente inmediato; dicha regla es tomada en cuenta en el Código de circulación por carretera austriaco (Straßenverkehrsordnung, StVO); también en otros países como Francia, Dinamarca, Finlandia, Irlanda, Luxemburgo, Países Bajos, Suiza y Reino Unido.

Para la iluminación nocturna, es necesario contar con plantas de luz y generadores eléctricos portátiles a diésel o a gasolina. Nunca deben permitir colgarse de las líneas de conducción de energía eléctrica, ya que pueden ocasionar un corto circuito grave.

Para determinar el consumo óptimo de energía al momento de comprar una planta de luz o un generador eléctrico, se tiene que calcular el requerimiento de consumo y potencia eléctrica; para ello, es necesario que conozcamos el voltaje y los amperes requeridos, para calcular la potencia del generador expresada en kilowatts.

Se sugiere contar con dos plantas en cada estación, de al menos 6.5 kilowatts y potencia de 13.5 caballos de fuerza con capacidad de 25 litros de combustible, con lo cual se tendrán 9 horas de iluminación.

Considerando que la visibilidad necesaria para que un vehículo detenga su marcha hasta hacer alto total cuando el conductor lleva una velocidad máxima de 140 km/h es de 500 metros, por seguridad recomendamos colocar los señalamientos a 1000 metros de distancia de donde se levanta la encuesta, para que los conductores de los vehículos guiados por los bandereros reduzcan su velocidad gradualmente hasta hacer el alto total.

Para calcular el número de encuestadores, se debe tomar en cuenta el tipo de vía, número y tipo de vehículos que transitan en el tramo para colocar al personal encuestador en dos filas, una por sentido de circulación en el caso de tratarse de carreteras con dos carriles y de cuatro filas de encuestadores en el caso de carreteras con cuatro carriles de circulación (dos filas por sentido de circulación); para que una vez que el vehículo esté en alto total, aplicar la encuesta de origen y destino la cual tiene una duración en promedio de 50 segundos.

En el caso de aplicar encuestas de preferencia declarada, el tamaño de la muestra es inferior al de las encuestas de origen y destino; por lo que será necesario separar al vehículo de la fila para evitar demoras mayores, ya que se requiere aplicarla a un conductor por cada 5 encuestados; por ello se tendrá que disponer de un área adicional para aplicar ambas encuestas, lo que tendrá una duración de aproximadamente 2 minutos.

Para tener un mejor control y organización de las papeletas de las encuestas, es útil tomar en cuenta algún distintivo de la papelería en cuanto al sentido de circulación; por ejemplo, se pueden usar papeletas azules en el sentido de circulación 1 y papeletas blancas en el sentido de circulación 2; lo que facilitará su clasificación.

Para la aplicación de las encuestas en el turno nocturno, el personal tendrá que contar con lámparas personales que faciliten el llenado de las papeletas.

Para el reclutamiento del personal encuestador, sugerimos que cuenten con al menos el nivel de bachillerato, y se les proporcione a todos ellos capacitación sobre la importancia tanto del proyecto como de la realización de este tipo de estudios; con la idea de que hagan correctamente el llenado de las papeletas. Asimismo, se les debe proporcionar el equipo de trabajo adecuado como chalecos reflejantes, impermeables y gorras; además de contar con un área de descanso e hidratación y un botiquín de primeros auxilios.

Para la elección del sitio donde se instalará la estación, deberá considerarse lo siguiente:

- Elegir un tramo que se encuentre en tangente, es decir en una recta.
- El tramo elegido no debe ser de pendiente mayor a 5%, considerada pendiente fuerte.
- Evitar la cercanía de centros generadores de flujos de tránsito vehicular.
- Evitar la presencia de zonas pobladas, escuelas, centros recreativos —entre otros— que dificulten el levantamiento de las encuestas.
- Visibilidad apropiada para identificar con facilidad los vehículos, como por ejemplo evitar lugares de neblina.
- Realizar purgas para desahogar la vialidad y evitar ocasionar molestias mayores a los usuarios, en caso de que los vehículos hagan largas filas por estar en un tramo de tránsito intenso
- Siempre debe prevalecer la seguridad a los usuarios de las carreteras y al personal que desempeña labores de campo en las estaciones, para que operen eficientemente.

3.3 Equipos de aforo

Se dispone de dos elementos para el conocimiento del número y la composición de los vehículos que circulan por la red de carreteras; por una parte, están los aforos manuales y, por otro, los realizados con equipos de aforo.

Existen dos tipos de equipos de aforo, las de detección magnética (denominadas como estaciones permanentes o fijas) y las de detección neumática; que es la que se utiliza para este tipo de estudios, por la necesidad de estarlos moviendo.

La detección neumática se fundamenta en una onda que se genera en el interior de un tubo elástico hueco al recibir un impacto de las llantas que lo aplasta. Si

disponemos un tubo de estas características, que atraviere una carretera, las ruedas de los vehículos ejercerán presión en el tubo, al circular sobre él, y generarán en su interior la consiguiente onda neumática que será detectada por la membrana sensible del equipo electrónico de conteo. Este sistema detectará el número de ejes que circulan sobre el tubo; de esta forma, el equipo en función del tiempo transcurrido entre ejes puede llegar a determinar el número de vehículos que circulan por la sección, con un error admisible.

El equipo tendrá que asegurarse en algún lugar fijo, con cadenas y candados, para evitar algún robo; y las mangueras se colocarán sobre el pavimento por sentido de circulación atravesando la calzada; las que se fijarán adecuadamente sin dañar la superficie de la vía. Es importante la constante supervisión de los equipos para que estén funcionando correctamente durante el tiempo que permanezca el estudio (p. e. que la batería no se descargue, revisar que no se desprendan las mangueras, que las lecturas se hagan correctamente, etc.).

Recomendamos realizar los aforos manuales simultáneamente a las encuestas origen y destino y a las de preferencia declarada, para evaluar la muestra; así como en los entronques, para conocer los flujos direccionales en esos puntos.

Al adquirir un equipo de aforo, se tendrá que considerar el número de entradas para el tubo neumático, facilidad para ver la información en tiempo real de cada sensor y totales de 24 horas; descarga de datos en memoria USB, así como el registro de las coordenadas GPS durante el aforo, capacidad de memoria suficiente para almacenar el número máximo de vehículos estimados; contar con una batería de larga duración (hasta 210 días entre cargas) y que sea fácil de usar y transportar.

3.4 Velocidades y tiempos de recorrido

La velocidad es una variable relevante para los estudios de ingeniería vial y en general para el esquema de planeación de la infraestructura carretera. Es un indicador que mide la calidad del servicio que se le proporciona al usuario de la vía.

La velocidad en un tramo carretero tiene variaciones entre vehículos, de uno a otro, por diferentes factores asociados a la vía; un vehículo no mantiene una velocidad constante a lo largo del tramo en su recorrido.

Será importante estudiar valores medios de velocidad por tipo de vehículo, para lo cual en esta guía proponemos dos métodos de medición:

1. El método de lectura de placas
2. El método del vehículo flotante

Antes de hacer la descripción de ambos métodos daremos diferentes definiciones de velocidad:

Velocidad instantánea es la velocidad de un vehículo en particular (automóvil, autobús o camión de carga) en un momento determinado.

Velocidad de recorrido es la velocidad media conseguida por el vehículo, al recorrer un tramo determinado de carretera.

Velocidad media temporal es la velocidad media de todos los vehículos clasificados por categoría (automóviles, autobuses y camiones) que pasan por un segmento fijo de la carretera, en un cierto periodo.

Velocidad media espacial es la velocidad media de todos los vehículos clasificados por categoría, que en un instante determinado están en un tramo de carretera dado.

Velocidad media de recorrido es la media de las velocidades de recorrido de todos los vehículos clasificados por categoría, en un tramo de carretera.

Para su cálculo, la longitud de un segmento vial es considerada para cada tipo de vehículo, dividida entre el tiempo promedio de viaje de cada uno que pasa por el segmento; sin incluir las demoras fuera de la vía.

En el tiempo total están incluidas todas aquellas demoras operacionales dentro de la vía por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control de tránsito, ajenos a la voluntad de conductor.

Mientras que en la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SCT2-2015, Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales, la definición de velocidades es la siguiente:

Velocidad de operación (V_o)

Es la velocidad adoptada por los conductores bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y de la carretera, antes de que se implemente la zona de obra. Se caracteriza por una variable aleatoria, cuyos parámetros se estiman a partir de la medición de las velocidades de los vehículos que pasan por un tramo representativo de la carretera bajo las condiciones prevalecientes (velocidades de punto). Para fines deterministas, suele designarse la velocidad de operación por el percentil 85 de las velocidades de punto. En vialidades urbanas en operación, se refiere a la velocidad establecida por las autoridades correspondientes en los reglamentos de tránsito.

Velocidad restringida (V_{zt})

Es la velocidad máxima permitida para los vehículos que circulen por las zonas de transición y de trabajo, o por la desviación. Se determina en función de la geometría de la carretera o vialidad urbana, de la ubicación del área de labores y de la configuración de la zona de trabajo.

Una vez conocidas las definiciones básicas de velocidad, recomendamos aplicar cualquiera de los siguientes dos métodos en campo, para el cálculo de velocidades y tiempos de recorrido:

a) Método de placas

Se define el tramo de estudio, identificando el punto inicial y final, y cuidando que no haya entradas ni salidas importantes de vehículos entre estos dos puntos. Se definen los periodos en que se levantará la información. La brigada de campo se integra de un coordinador y 4 aforadores, además del siguiente equipo y material:

- Un vehículo
- Chalecos reflejantes
- Laptops previamente configuradas con el software de toma de datos, para el registro y captura de las placas vehiculares
- Mesas y sillas
- Teclados numéricos
- *Walkie talkies*
- GPS

Se asigna la posición de cada uno de los 4 miembros de la brigada, de acuerdo con lo siguiente:

L1 – Punto inicial de lectura de placas, para el sentido de circulación 1

L2 – Punto final de lectura de placas, para el sentido de circulación 1

L3 – Punto inicial de la lectura de placas, para el sentido de circulación 2

L4 – Punto final de la lectura de placas, para el sentido de circulación 2

Procedimiento:

El coordinador ubica primeramente a los miembros en las posiciones L1 y L4, y después lleva a los miembros a las posiciones L2 y L3.

En cuanto se instala el miembro con la posición L1, comienza a registrar placas. Cuando se instalan los miembros de las posiciones L2 y L3, comienzan a registrar placas, y el miembro de la posición L4 comienza un poco después que el miembro de la posición L1.

Se registran las placas por grupo vehicular. Después de digitar el número de la placa, se tecldea el tipo de vehículo; con lo cual el programa de cómputo en la tablet o *minilap* graba un registro en la base de datos con información de la placa, tipo de vehículo y automáticamente inscribe fecha y hora (hh:mm:ss) en dicho registro, como tres campos adicionales.

Simultáneamente se realiza un aforo manual con clasificación vehicular, con cortes cada 15 minutos.

El coordinador, en función del volumen de tránsito del tramo en estudio, da indicaciones sobre cómo se registrarían las placas. Los siguientes son algunos de los criterios seguidos:

El coordinador obtiene la longitud entre las posiciones L1/L4 y L2/L3, que se emplea para el cálculo de las velocidades. La longitud total se determina con un GPS.

Mediante un proceso posterior en gabinete, se procesan por pares las bases de datos de los puntos L1 y L2 para un sentido, y L3 y L4 para el otro sentido. El proceso consiste en comparar las placas de los pares de puntos analizados, para encontrar las coincidencias del número de placa; para cada coincidencia se determina la diferencia en tiempos de los registros que coincidieron y se construye una base de datos de todas las coincidencias encontradas; con lo que se calcula la velocidad de recorrido y posteriormente se calcula la velocidad de recorrido promedio, por tipo de vehículo.

Finalmente, en gabinete se hace el resumen de observaciones recopiladas en campo y se generan los histogramas de velocidades por tipo de vehículo; además se calculan media, varianza y desviación estándar de las muestras.

b) Método del vehículo flotante

Se define el tramo por estudiar y se recorre preliminarmente, para definir con claridad los puntos de inicio y fin de tramo. Se definen los periodos en que se registrará la información, tratando de caracterizar las velocidades a flujo libre (volúmenes de tránsito bajos) y velocidades en periodos de máxima demanda (volúmenes de tránsito altos). La brigada de campo se integra por un chofer y un técnico.

Equipo y material:

- Un vehículo
- Un GPS
- Formatos de registro

Procedimiento:

El método consiste en recorrer con el vehículo el tramo, manteniéndose como “flotando” en la circulación y adelantando tantos vehículos como lo adelantan a él; o bien tratar de circular a la velocidad que el conductor estime que equivale a la velocidad media del tránsito; el recorrido se registra con un GPS.

En los formatos de registro, se lleva un control del recorrido hecho y cualquier observación relevante que pudiera alterar la circulación normal en el tramo. Ya en gabinete, se descargan del GPS todos los recorridos realizados y se almacenan en

la computadora para su posterior proceso en el que se determine la velocidad promedio de cada recorrido.

Es importante que el personal que haga los recorridos tenga la pericia y la sensibilidad para seguir al vehículo en su velocidad media para automóviles, autobuses y camiones de carga.

En gabinete se hace el registro de los GPS de cada uno de los recorridos realizados, por sentido de circulación, así como, el reporte de velocidades por tipo de vehículo en cada uno de los tramos que conforman la red carretera de análisis.

3.5 Encuesta a empresas de transporte y grandes usuarios

Para identificar las principales empresas de transporte y grandes usuarios que transitan por la red de análisis, se toma la información de las encuestas de origen y destino, y preferencia declarada; con la finalidad de aplicarles un cuestionario.

El objetivo de la encuesta a este tipo de usuarios es conocer el patrón de sus rutas y perspectivas de expansión, para identificar así las zonas de atracción y generación de viajes. A los contactos de las empresas y grandes usuarios se les proporciona información sobre el proyecto y los temas por abordar en la entrevista.

Es importante considerar visitas que deben realizarse con personal experimentado y con capacidad de reacción e improvisación, para hacer una entrevista mediante un cuestionario; recomendamos visitar a las Cámaras de transporte de carga y de pasajeros, así como acudir a las empresas de autotransporte que ofrecen este servicio.

Además, recomendamos realizar una investigación de las condiciones económicas de las empresas manufactureras, de mensajería y otras que sean usuarios potenciales de la infraestructura carretera en la zona; para percibir el interés por el proyecto, captar su opinión sobre el uso de las carreteras y algunos otros aspectos que fortalezcan el éxito del proyecto.

En el caso de las empresas de mercancías, el cuestionario debe considerar información de la empresa (razón social, giro y antigüedad), los datos del encuestado (nombre, teléfono, cargo, número de años en la empresa y una breve descripción de sus funciones dentro de ella), además de los datos del encuestador (nombre y cargo).

1. ¿Cuál es la actividad predominante de la empresa?:
2. Volumen de producción en el último año: valor económico:
3. Principales lugares en que distribuye su producción. ¿Realizan exportaciones?:
4. Principales lugares de donde provienen sus insumos. ¿Realizan importaciones?:

5. ¿Cuántos y cuáles orígenes y destinos utilizan el tramo? Entre cada origen y destino intermedio y final, tipo de servicio, número y tipo de vehículo, de acuerdo a la clasificación vehicular, frecuencia de viajes):
6. Expectativas de crecimiento e inversión. Planes y programas de crecimiento de la empresa; expresado en términos de valor, volumen de producción y cobertura del servicio (frecuencia) en el mediano y largo plazos:
7. Modo de transporte y tipo de vehículo utilizado en:
 - Insumos:
 - Distribución:
 - Número de operaciones diarias:
 - Número de vehículos propios o arrendados:
8. Requerimientos de transporte de su producción actual: por tipo de producto, tipo de vehículo, volumen transportado, tiempo de traslado.
9. ¿Qué tipo de proceso productivo lleva a cabo esta empresa (productos intermedios, productos terminados)?
10. ¿Cuáles son los factores que llevan a decidir si un servicio determinado usa o no la autopista?
11. ¿Realizan estimaciones de costo de operación para decidir por cuál vía circular, cuota o libre?
12. ¿Por cuáles situaciones dejarían de usar la autopista o la vía libre?
13. ¿Qué medidas consideran para mejorar el servicio en una autopista?
14. ¿Consideran necesario abrir nuevas rutas de servicio?
15. Observaciones

Para conocer más sobre el tipo y profundidad de los temas en la aplicación de las encuestas, recomendamos consultar el documento técnico no. 6 IMT “Guía metodológica para el estudio de sistemas regionales de transporte” (Rico, 1991).

3.6 Recopilación de información documental

La etapa de recopilación de información documental y de campo es la primera actividad por ejecutar en el estudio, y es muy importante; ya que es la base e insumo para los modelos que serán usados para los pronósticos.

La información documental permite conocer el entorno del proyecto en cuanto a planes de desarrollo de los municipios involucrados, datos socioeconómicos de la región, proyectos y obras viales que incidan en el comportamiento de la demanda. Recomendamos organizar la información recopilada, de tal manera que pueda ser desagregada en los siguientes puntos:

Datos socioeconómicos y de desarrollo regional

En esta sección tenemos que generar un banco de información para analizar el entorno económico nacional actual, y de sus perspectivas de mediano y largo plazos. Posteriormente, debemos llevar a cabo un análisis del entorno económico, pero únicamente del área de influencia del estudio, así como de su dinámica

demográfica y antecedentes, tendencias y pronósticos de las variables socioeconómicas, que en conjunto dan fundamento al pronóstico del tránsito en un proyecto de transporte.

Los datos que se recaban son la población nacional, por entidad federativa, por municipio y —en la medida de lo posible— por localidad; para que se facilite agruparla por zona de acuerdo con las características propias del proyecto que estamos estudiando. El mismo tratamiento tendría la población económicamente activa, la tasa de motorización, el producto interno bruto y otras variables socioeconómicas que se consideren relevantes en el proyecto.

Cambios y mejoras planeados a la red de transporte

En este apartado debemos revisar los planes y programas que tienen contemplados en la zona de influencia del proyecto y que pudieran modificar el patrón de viajes de los usuarios. Estos cambios y mejoras planteados se describen a continuación.

Construcción de nuevas carreteras

- Conocer si existe en proyecto la construcción de nuevas vías que sirvan como competencia o complemento al proyecto en estudio; estos datos son importantes ya que en un momento determinado puede aumentar o disminuir el volumen de tránsito que tendrán los tramos de la red carretera.

Modernización de tramos carreteros

- Aunque no se desarrollen nuevas vías en la zona de influencia, es factible que, con la modernización de las existentes, los usuarios prefieran utilizarlas en sustitución del proyecto; por ello resulta importante conocer aquellas obras viales planeadas.

Construcción de autopistas

- Otro aspecto que puede incidir directamente en el comportamiento vehicular es la construcción de otras autopistas que impacten positiva o negativamente en el aforo del proyecto; por lo que es esencial conocer los planes que tiene la Secretaría de Comunicaciones y Transportes o la entidad federativa en esa materia, para la zona en estudio.

Cada una de las actividades de campo debe ser programada en condiciones adecuadas de trabajo; en los casos fortuitos o de fuerza mayor como huracanes, tormentas, accidentes en la carretera, manifestaciones, bloqueos, obras en el tramo, festividades locales —entre otras— el programa de trabajo tendrá que

modificarse y adecuarse a las condiciones normales de operación de los tramos que conforman la red carretera, para que no exista sesgo en los resultados finales.

De ser así, los plazos de ejecución de los trabajos en condiciones óptimas aparecen, como porcentajes de un mes, en la siguiente figura:

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	TIEMPO DE EJECUCIÓN			
			MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
Análisis de la Oferta						
Características físicas y geométricas de la red de análisis	1	ACTIVIDAD	100			
Planes de desarrollo de infraestructura en la zona de influencia del proyecto	1	ACTIVIDAD	100			
Velocidades y Tiempos de recorrido	1	ACTIVIDAD	100			
Caracterización de la oferta	1	ACTIVIDAD	100			
Análisis de la Demanda						
Estudio de Origen-Destino	1	ACTIVIDAD	100			
Entrevistas con empresas de transporte	1	ACTIVIDAD	100			
Entrevistas con grandes usuarios	1	ACTIVIDAD	100			
Encuestas de Preferencia Declarada	1	ACTIVIDAD	100			
Conteo de tránsito y clasificación vehicular	1	ACTIVIDAD	100			
Recopilación de información documental	1	ACTIVIDAD	50	50		
Caracterización de la demanda						
Análisis de la Información y Desarrollo de Modelos para la Asignación y Pronóstico de Tránsito	1	ACTIVIDAD	100	100	50	
Zonificación básica e indicadores socioeconómicos	1	ACTIVIDAD	50	50		
Definición de escenarios	1	ACTIVIDAD		100	100	
Matriz origen y destino	1	ACTIVIDAD		100	50	
Codificación y expansión de la muestra	1	ACTIVIDAD		100	50	
Confrontación oferta y demanda	1	ACTIVIDAD		50	100	
Modelo de captación	1	ACTIVIDAD		100	100	
Asignación de tránsito en diferentes escenarios	1	ACTIVIDAD		50	100	100
Pronóstico de tránsito en diferentes escenarios	1	ACTIVIDAD			100	100

Fuente: elaboración propia

Figura 3.4 Catalogo de conceptos

4 Conclusiones y recomendaciones

El conocimiento del sistema de transporte carretero, para el traslado de carga y de pasajeros, implica el manejo de información diversa que tiene que distinguirse y organizarse de tal manera que los criterios y estrategias para su uso e interpretación de resultados sea clara, desde la definición del marco socioeconómico hasta los conceptos que comprende la oferta y demanda y los comportamientos de las personas en los viajes; es decir de cómo interactúan unas con otras en los mercados. Entendiendo el mercado como un grupo de compradores y vendedores de un bien o de un servicio.

Durante el desarrollo de esta Guía, identificamos un gran volumen de información oficial o formal (libro de datos viales, libros de estudios de origen y destino, censos de población y vivienda, planes y programas sectoriales, entre otros) y no oficial o informal (encuestas, conteo de vehículos, recorridos en campo, etc.) que requiere sistemas de información de alta complejidad y calidad para validarla a todos niveles: nacional, estatal, municipal y local, así como sus medios para mantener el control de dichos sistemas de información con elementos de análisis cuantitativo y cualitativo que pudieran ser muy amplios como:

- Métodos estadísticos para la validación y expansión de las muestras
- Formatos de reportes o informes
- Reuniones de consulta con las dependencias
- Presentación de resultados conforme las dependencias lo exijan
- Planos o larguillos de ubicación del proyecto carretero
- Mapas estatales, municipales y locales
- Manejo de bitácora

Para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes es importante que la información sea eficiente y válida para los estudios de mercado, factibilidad técnica, económica, social, financiera y ambiental, para la toma de decisiones; y, en el caso particular de los proyectos de asociación pública privada, es mayor la importancia, en virtud de que el Gobierno asume el riesgo de los estudios de demanda.

El tiempo destinado a la generación de la información de campo y de gabinete para este tipo de estudios puede llegar aproximadamente a 120 días naturales, por lo que debe existir un proceso de planeación, es decir, llevar a cabo funciones de carácter analítico y metodológico, ya que en un período de corto plazo se deben producir resultados de forma simultánea; por lo que debe existir planeación, organización, dirección y control; pues consideramos que en cualquiera de las restantes etapas, la coordinación es parte de ellas; es importante que en cada etapa del estudio se haga una exhaustiva supervisión para garantizar el éxito.

Los trabajos de campo en las carreteras implican una serie de riesgos que esta Guía trata de reducir al proporcionar las herramientas para el correcto diseño y operación de las estaciones de encuestas para aforo, de preferencia declarada y estudios de origen y destino, además de recomendar el perfil del personal; así como, emplear recursos humanos y materiales adecuados en cada etapa del estudio.

Los resultados de los trabajos de campo derivados de la investigación de los flujos de tránsito vehicular se pueden dar a conocer a través talleres, foros, conferencias, publicaciones, etc.

En este documento técnico, recomendamos seguir la secuencia de actividades desarrollada durante los trabajos de campo y gabinete, que de soporte a la presentación de resultados, de forma oral, ante las instancias correspondientes como dependencias del gobierno federal o estatal, banca de desarrollo como Banobras, órganos fiscalizadores, posibles concesionarios en el caso de proyectos de asociación público-privada, etc.; y se puede dividir en la elaboración del resumen ejecutivo, construcción del material gráfico, presentación y defensa de los resultados, si se requiriera.

Para la presentación de resultados de los estudios de mercado, recomendamos que los encargados respondan a los interrogantes siguientes: ¿qué problema se estudió y por qué?, ¿cuáles fueron las alternativas de solución analizadas?, ¿cómo se estudió?, ¿cuáles fueron las particularidades y resultados obtenidos en cada etapa del estudio? y ¿cuál es la interpretación de esos resultados? Esto proporcionará una estructura adecuada a la presentación final, de tal manera que dé confianza y claridad a todas las instancias interesadas.

Bibliografía

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN *Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal*. Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2014. 2014 publicada el viernes 14 de noviembre de 2014.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. *Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales*. Norma Oficial Mexicana NOM-086-SCT2-2015 publicada el viernes 24 de junio de 2016.

DOUGHERTY, C. *Introduction to Econometrics*. Oxford University Press. 4th Edition. United Kingdom. 2011.

ISLAS, V.M. y LELIS M. *Análisis de los sistemas de transporte, Vol. 1: conceptos básicos*. Publicación Técnica No 307, Instituto Mexicano del Transporte, SCT, 2007.

RICO, A. RICHARDAY, O. y NAVA, M.A. *Guía metodológica para el estudio de sistemas regionales de transporte*. Documento Técnico No. 6, Instituto Mexicano del Transporte, SCT, 1991.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. *Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Carreteras*. Dirección General de Servicios Técnicos, SCT, 1986.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. *Manual de Modelación de Demanda de Carreteras de Cuota*, Manual de modelación 2006. Dirección General de Desarrollo Carretero, SCT, 2006.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. *Libro de Datos Viales* Dirección General de Servicios Técnicos, SCT, Varios años. Publicación anual de la SCT.

TORRES, G. y PÉREZ, J.A. *Métodos de asignación de tránsito en redes regionales de carreteras: Dos alternativas de solución* Publicación Técnica No. 214, Instituto Mexicano del Transporte, SCT, 2002.

VOGELVANG, B. *Econometrics. Theory and Application with EViews*. Pearson Education Limited, England. 2005.



Km 12+000 Carretera Estatal 431 "El Colorado-Galindo"
Parque Tecnológico San Fandila
Mpio. Pedro Escobedo, Querétaro, México
CP 76703
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610
Fax +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>