



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de carga

APLICACIÓN DEL ENFOQUE DE ANÁLISIS EXPLORATORIO ESPACIAL DE DATOS PARA
LA CARACTERIZACIÓN DEL AUTOTRANSPORTE DE CARGA EN MÉXICO

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de maestro en Sistemas de Transporte
y Distribución de Carga

Presenta:
Agustín Bustos Rosales

Dirigido por:
M.C. Tristán Ruiz Lang

SINODALES

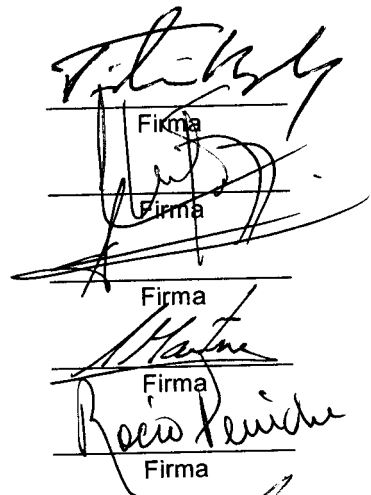
M.C. Tristán Ruiz Lang
Presidente

Dr. Eduardo Betanzo Quezada
Secretario

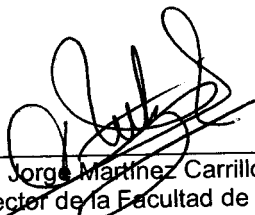
Dr. Ovidio González Gómez
Vocal

Dr. Carlos Martner Peyrelongue
Suplente

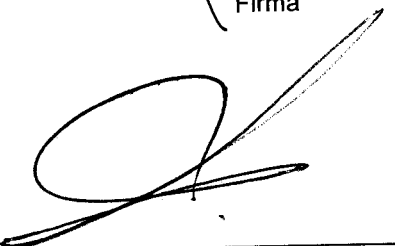
Dra. Rebeca del Rocío Peniche Vera
Suplente



Firma
Firma
Firma
Firma
Firma



Ing. Jorge Martínez Carrillo
Director de la Facultad de Ingeniería



Dr. Sergio Quesada Aldana
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Febrero de 2003
México

No. Adq. 75 67738 ..1

No. Título _____

Clas 388.044

B982a

Ej. 1

RESUMEN

En el presente trabajo se analizan los datos de tráfico de carga obtenidos en las encuestas de campo efectuadas en determinadas carreteras mexicanas con la finalidad de encontrar patrones consistentes o relaciones sistemáticas entre variables referentes al tránsito de carga. Los patrones encontrados son validados contra nuevos conjuntos de datos, lo que permite un refinamiento en la descripción del patrón.

En una primera etapa el tránsito de carga es caracterizado con respecto al tamaño del volumen vehicular, mes del año, área geográfica y comportamiento horario, lo que ofrece resultados similares a los de las prácticas comunes de análisis en ingeniería de tránsito. En la segunda etapa se lleva un análisis de variables de tránsito de carga como la composición por tipo de vehículo o clase de servicio y la distribución espacial de vehículos de carga por pesos brutos vehiculares.

El primer objetivo de este análisis es revelar relaciones entre variables o tendencias en conjuntos de datos de carga que provean predicciones útiles para la toma de decisiones bajo condiciones de incertidumbre. Como segundo objetivo, el análisis se extiende para obtener patrones confiables para la inferencia estadística con la finalidad de soportar hipótesis respecto a variables referentes a la carga con determinados niveles de confianza usados para la toma de decisiones o para la administración y control del tráfico de carga en las carreteras.

Las técnicas empleadas son aquellas utilizadas en los campos del Análisis Exploratorio de Datos y en el Análisis Exploratorio Espacial de Datos: tablas de frecuencia, histogramas, diagramas de caja y matrices de correlación. Por otra parte, la representación espacial de la distribución de las variables se realizó utilizando un software de Sistema de Información Geográfica.

Las conclusiones obtenidas del análisis del comportamiento del tráfico de carga en las estaciones de encuestas muestran el rango de variaciones en los aforos vehiculares, la identificación de periodos pico y la distribución espacial de los pesos brutos vehiculares y de los tipos de vehículos presentes, entre otros resultados referentes al tráfico de carga.

(Palabras clave: Análisis exploratorio espacial de datos, tránsito, peso bruto vehicular)

SUMMARY

This work analyzes information on cargo traffic obtained from field surveys carried out on Mexican highways with the objective of finding consistent patterns or systematic relationships between variables referring to cargo traffic. The patterns found were checked against new groups of data; this made it possible to refine the description of the pattern.

In the first stage, cargo traffic is classified by vehicle volume size, month, geographic area and time of day. This gives results which are similar to those obtained from analytical practices common in traffic engineering. In the second stage, an analysis is made of variables in cargo traffic such as composition by type of vehicle or kind of service and the spatial distribution of cargo vehicles by gross weight of vehicle.

The first objective of this analysis is to reveal the relation between variables or trends in groups of cargo data which could lead to predictions useful in making decisions under conditions of uncertainty. As a second objective, the analysis is broadened to obtain reliable patterns for statistical reference; the goal here is to support the hypothesis regarding cargo variables having determined levels of dependability which can be used to make decisions or for the management and control of cargo traffic on highways.

The techniques employed are those used in the fields of Exploratory Data Analysis and Exploratory Spatial Data Analysis: frequency tables, histograms, bar graphs and correlation matrices. Spatial representation of the distribution of variables was carried out using software from the Geographic Information System.

The conclusions obtained from the analysis of cargo traffic behavior at the survey stations show a range of variations in the quantity of vehicles, identification of peak traffic hours and spatial distribution of gross vehicle weight, as well as of the kinds of vehicles. Other results related are also included.

(Keywords: Exploratory Spatial Data Análisis, Traffic, Gross vehicle weitht)

AGRADECIMIENTOS

A Dios por prestarme vida y haberme dado la oportunidad de culminar este trabajo de tesis.

A los maestros Tristán Ruiz Lang y Roberto Aguerrebere Salido por el apoyo brindado durante este tiempo.

A mis sinodales: al Dr. Eduardo Betanzo Quezada, al Dr. Ovidio González Gómez, al Dr. Carlos Martner Peyrelongue y a la Dra. Rebeca Peniche Vera por sus comentarios, sugerencias y críticas constructivas que, sin duda, contribuyeron de manera importante para la realización de este trabajo de tesis.

Al Instituto Mexicano del transporte por el apoyo otorgado durante el curso del posgrado y en la realización de este trabajo de tesis.

A mis compañeros y amigos de la Coordinación de Integración del transporte por su apoyo, y sugerencias.

A mis compañeros y amigos de la Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga por todo el apoyo que existió durante nuestro tiempo de estudio.

A todas aquellas personas e instituciones que directa o indirectamente contribuyeron a que este trabajo de tesis llegara a su culminación.

INDICE

	Página
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCION	1
I. EL ENFOQUE EXPLORATORIO	10
1.1 Análisis exploratorio de datos	10
1.2 Explotación de datos	13
1.3 Análisis exploratorio espacial de datos	14
1.4 Aplicación del enfoque exploratorio para la identificación y verificación de patrones de tránsito de los vehículos de carga	16
II. VARIACIONES HORARIAS EN FLUJOS CARRETEROS DE CARGA OBSERVADOS EN ESTUDIOS DE CAMPO	19
2.1 Descripción básica de los aforos obtenidos en las encuestas	19
2.2 Variación en los aforos horarios	23
2.2.1 Variación conjunta del aforo promedio diario y del aforo horario máximo	25
2.2.2 Variaciones en los porcentajes horarios de aforos	26
2.2.3 Variaciones de acuerdo con el año de aforo	26
2.2.4 Variaciones de acuerdo con el mes de aforo	27
2.2.5 Variaciones de acuerdo con la ubicación de la estación de aforo	28
2.2.6 Variaciones de acuerdo con el día de la semana en que se realizó la medición	32

2.3	Correlaciones entre las variaciones horarias de los aforos de vehículos de carga	33
2.4	Comparaciones con datos de 1997	38
2.4.1	Comparaciones de aforos	38
2.4.2	Comparaciones de porcentajes horarios de aforo	42
2.4.3	Comparaciones de mediciones repetidas en mes, en carretera y en día de la semana	44
2.5	Correlaciones en las variaciones horarias de los volúmenes de tránsito en las estaciones instaladas en 1997 por sentido de circulación	47
2.6	Valores esperados para datos de 1998	48
III.	CARACTERÍSTICAS REGIONALES DE LOS FLUJOS VEHICULARES	53
3.1	Volúmenes de tránsito de carga	53
3.2	Participación de transporte de carga particular y público en el Tránsito Diario Promedio Anual	54
3.3	Distribución geográfica de las configuraciones vehiculares más frecuentes por tipo de servicio	58
3.4	Utilización de los vehículos por tipo de servicio de acuerdo con la configuración vehicular	62
IV.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS VEHICULOS DE ACUERDO CON EL PESO BRUTO VEHICULAR	65
4.1	Peso bruto vehicular en vehículos vacíos	65
4.2	Proporción de vehículos cargados con respecto al total de vehículos	67
4.3	Frecuencias de pesos brutos vehiculares promedio en estaciones por configuración vehicular	71

4.4	Distribución espacial de las estaciones de encuesta de acuerdo con el PBV promedio de vehículos cargados por configuración vehicular	76
4.5	Identificación de patrones en PBV por carretera para distintas configuraciones	89
4.6	Análisis de varianza para PBV de vehículos cargados	100
V.	DISTRIBUCIÓN DE VEHICULOS SOBRECARGADOS	106
5.1	Frecuencia de los vehículos sobrecargados en las estaciones de encuesta	106
5.2	Distribución geográfica de los vehículos sobrecargados	109
5.3	Comparación de porcentajes de vehículos sobrecargados en el período 1997 contra 1991 – 1996	115
5.4	Proporciones de vehículos sobrecargados en carreteras usando los valores máximos permitidos para 1997	120
5.5	Proporción de vehículos sobrecargados de servicio público y de servicio privado	127
5.6	Distribución horaria de vehículos sobrecargados	131
5.7	Pesos brutos vehiculares en vehículos excedidos en peso por estación	135
	CONCLUSIONES	140
ANEXO A.	Ubicación de las estaciones de aforo	148
ANEXO B.	Volúmenes de tránsito en estaciones medidas en los años 1991-1997	151
ANEXO C.	Clasificación y asignación de C2 en grupos	154

ANEXO D. Análisis de varianza para PBV de vehículos de carga por tipo de servicio y por configuración vehicular, agrupados por carretera	162
LITERATURA CITADA	170

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
2.1 Frecuencia acumulada del aforo promedio diario	21
2.2. Aforos Horarios Máximos	22
2.3. Aforos Horarios Mínimos	22
2.4. Frecuencias de rango de aforo diario	24
2.5. Número de estaciones por mes de elaboración de la encuesta	28
2.6 Ubicación de estaciones en carreteras seleccionadas	31
2.7 Correlaciones entre valores promedio del porcentaje horario de flujo. Clasificación por año de encuesta	34
2.8 Correlaciones de valores promedio del porcentaje horario de flujo. Clasificación por mes de encuesta	35
2.9 Correlaciones entre valores promedio del porcentaje horario de flujo. Clasificación por carretera	36
2.10 Correlaciones entre valores promedio del porcentaje horario de flujo. Clasificación por día de la semana	37
2.11 Aforos Promedio Diario. 1991-1996 vs. 1997	38
2.12 Correlación entre distribuciones horarias para años 1991-1997	43
2.13 Correlación entre distribuciones horarias para meses repetidos entre años 1991-1996 vs. 1997	45
2.14 Correlación entre distribuciones horarias para flujo en carreteras, años 1991-1996 vs. 1997	46
2.15 Correlaciones en los flujos horarios por sentido	48
2.16 Aforo Promedio Diario. 1991-1997	49
2.17 Aforos horarios máximos. 1991-1997	50
2.18 Estadísticas de la regresión para valores estimados en 1998	52
4.1 Taras de vehículos correspondientes a las cinco configuraciones más frecuentes. (En toneladas)	66
4.2 Ejemplos de vehículos de cada grupo de C2.	67
4.3 Porcentaje de vehículos C2 grupo 1 cargados por estación	67

4.4	Porcentaje de vehículos C2 grupo 2 cargados por estación	68
4.5	Porcentaje de vehículos C2 grupo 3 cargados por estación	68
4.6	Porcentaje de vehículos C2 grupo 4 cargados por estación	69
4.7	Porcentaje de vehículos C3 cargados por estación	69
4.8	Porcentaje de vehículos T3S2 cargados por estación	70
4.9	Porcentaje de vehículos T3S3 cargados por estación	70
4.10	Porcentaje de vehículos T3S2R4 cargados por estación	71
4.11	Pesos brutos vehiculares en C2 grupo 1 cargados	72
4.12	Pesos brutos vehiculares en C2 grupo 2 cargados	72
4.13	Pesos brutos vehiculares en C2 grupo 3 cargados	73
4.14	Pesos brutos vehiculares en C2 grupo 4 cargados	73
4.15	Pesos brutos vehiculares en C3 cargados	74
4.16	Pesos brutos vehiculares en T3S2 cargados	74
4.17	Pesos brutos vehiculares en T3S3 cargados	75
4.18	Pesos brutos vehiculares en T3S2R4 cargados	76
5.1	Pesos brutos vehiculares máximos permitidos (en toneladas) en carreteras A2 y A4	106
5.2	Frecuencias de proporciones de vehículos C2 sobrecargados por estación de encuesta	107
5.3	Frecuencias de proporciones de vehículos C3 sobrecargados por estación	107
5.4	Frecuencias de proporciones de vehículos T3S2 sobrecargados por estación	108
5.5	Frecuencias de proporciones de vehículos T3S3 sobrecargados por estación	109
5.6	Frecuencias de proporciones de vehículos T3S2R4 sobrecargados por estación	109
5.7	Frecuencias de proporciones de C2 sobrecargados 1991-1996 contra 1997	116
5.8	Frecuencias de proporciones de C3 sobrecargados 1991-1996 contra 1997	117
5.9	Frecuencias de proporciones de T3S2 sobrecargados 1991-1996 contra 1997	118

5.10	Frecuencias de proporciones de T3S3 sobrecargados 1991-1996 contra 1997	118
5.11	Frecuencias de proporciones de T3S2R4 sobrecargados 1991-1996 contra 1997	119
5.12	Correlaciones entre curvas anuales de porcentaje horario de tránsito para vehículos sobrecargados	134

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página	
1.1	Ejemplo de histograma	11
1.2	Ejemplo de diagrama de caja	13
2.1	Histograma del aforo promedio diario	20
2.2	Máximo y mínimo del aforo horario observado	21
2.3	Rango de variación de aforos horarios	24
2.4	Aforo promedio diario contra aforo horario máximo 1991-1996	26
2.5	Porcentaje horario de flujo, promedios por año de encuesta	27
2.6	Porcentaje horario de flujo, promedios por mes de encuesta	28
2.7	Carreteras con mayor frecuencia de estaciones de encuesta	29
2.8	Porcentaje horario de flujo, promedios por carretera	32
2.9	Porcentaje horario de flujo, promedios por día de la semana	33
2.10	Porcentaje horario de flujo. Comparativo en meses con correlación baja y alta	35
2.11	Porcentaje horario de flujo en cuatro carreteras	37
2.12	Frecuencias acumuladas del aforo promedio diario.1991-1996 contra. 1997	39
2.13	Máximo aforo horario. 1991-1996 vs.1997	40
2.14	Mínimo aforo horario. 1991-1996 vs.1997	40
2.15	Máximo aforo horario 1997. Observados y Pronosticados	42
2.16	Porcentaje horario de los flujos. 1991 a 1997	43
2.17	Banda del 95% de confianza sobre la media de curvas 91-96.	44
2.18	Mediciones 91-96 contra 97 para septiembre y octubre	45
2.19	Porcentaje de flujo horario en mediciones de noviembre	46
2.20	Porcentaje horario de flujo en los días de encuesta 1991-1996 contra 1997	47
2.21	Aforo promedio diario contra aforo horario máximo 1991-1997	51
3.1	Tránsito diario promedio anual de vehículos de carga en las estaciones de encuesta	55
3.2	Participación de vehículos de carga en las estaciones de encuesta por tipo de servicio	56

3.3	Proporción de vehículos de carga no clasificados por tipo de servicio en las estaciones de encuesta	57
3.4	Participación de los vehículos C2 con respecto al total de vehículos de carga	58
3.5	Participación de los vehículos C3 con respecto al total de vehículos de carga	59
3.6	Participación de los vehículos T3S2 con respecto al total de vehículos de carga	60
3.7	Participación de los vehículos T3S3 con respecto al total de vehículos de carga	61
3.8	Participación de los vehículos T3S2R4 con respecto al total de vehículos de carga	63
3.9	Distribución de las configuraciones vehiculares por tipo de servicio para el año de 1997	63
4.1	Pesos de vehículos C2 vacíos en 1993 Vehículos sin clasificar por tipo de servicio	66
4.2	Mapa pesos brutos vehiculares de vehículos cargados C2 grupo 1	77
4.3	Mapa pesos brutos vehiculares de cargados C2 grupo 1 de servicio público	78
4.4	Mapa pesos brutos vehiculares de vehículos cargados C2 grupo 2	79
4.5	Mapa pesos brutos vehiculares de vehículos cargados C2 grupo 2 de servicio privado	80
4.6	Mapa pesos brutos vehiculares de vehículos cargados C2 grupo 3	81
4.7	Mapa pesos brutos vehiculares de vehículos cargados C2 grupo 4 de servicio público	82
4.8	Mapa pesos brutos vehiculares de vehículos cargados C3	85
4.9	Mapa pesos brutos vehiculares de vehículos cargados T3S2 de servicio público	85
4.10	Mapa pesos brutos vehiculares de vehículos cargados T3S3 para el caso general	87
4.11	Mapa pesos brutos vehiculares de vehículos cargados T3S2R4	88
4.12	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos C2 grupo 1	

	cargados. Servicio público	91
4.13	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos C2 grupo 1 cargados. Servicio privado	92
4.14	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos C2 grupo 2 cargados. Servicio privado	93
4.15	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos C2 grupo 3 cargados. Servicio privado	93
4.16	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos C2 grupo 4 cargados. Servicio público	94
4.17	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos C3 cargados. Servicio público	95
4.18	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos T3S2 cargados. Servicio público	97
4.19	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos T3S3 cargados. Servicio público	98
4.20	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos T3S2R4 cargados. Servicio público	99
4.21	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos T3S2R4 cargados. Servicio privado	100
5.1	Mapa Proporciones de C2 sobrecargados en estaciones de encuesta	110
5.2	Mapa Proporciones de C3 sobrecargados en estaciones de encuesta	111
5.3	Mapa Proporciones de T3S2 sobrecargados utilizados para el servicio privado en estaciones de encuesta	112
5.4	Mapa Proporciones de T3S3 sobrecargados en estaciones de encuesta	114
5.5	Mapa Proporciones de T3S2R4 sobrecargados en estaciones de encuesta	115
5.6	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos C2 grupo 4 cargados. Servicio público. Identificación de sobrecargados	121
5.7	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos C3 cargados. Servicio público. Identificación de sobrecargados	122
5.8	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos T3S2 cargados. Servicio público. Identificación de sobrecargados	123
5.9	Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos T3S3 cargados.	

Servicio público. Identificación de sobrecargados	124
5.10 Diagrama Pesos brutos vehiculares en vehículos T3S2R4 cargados.	
Servicio público. Identificación de sobrecargados	126
5.11 Mapa Proporción de vehículos C2 sobrecargados por tipo de servicio	128
5.12 Mapa Proporción de vehículos T3S2 sobrecargados por tipo de servicio	129
5.13 Mapa Proporción de vehículos T3S2R4 sobrecargados por tipo de servicio	130
5.14 Distribución horaria de los vehículos sobrecargados en 1991 de acuerdo con el tipo de servicio	132
5.15 Distribución horaria de los vehículos sobrecargados en 1994, de acuerdo con el tipo de servicio	132
5.16 Distribución horaria de los vehículos sobrecargados en 1997, de acuerdo con el tipo de servicio	133
5.17 Distribución horaria de los vehículos sobrecargados en las estaciones ubicadas en la carretera MEX-015	135
5.18 Mapa Pesos brutos vehiculares promedio en vehículos C3 sobrecargados	136
5.19 Mapa Pesos brutos vehiculares promedio en vehículos T3S2 sobrecargados	137
5.20 Mapa Pesos brutos vehiculares promedio en vehículos T3S3 sobrecargados	138
5.21 Mapa Pesos brutos vehiculares promedio en vehículos T3S2R4 sobrecargados	139

INTRODUCCION

En 1991, la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (DGST-SCT) junto con el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) iniciaron el Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional¹, el cual tiene la finalidad de obtener información básica referente al tráfico de carga en las carreteras mexicanas. Desde entonces, este estudio de campo es efectuado anualmente, recolectando datos importantes referentes a vehículos y a cargas transportadas en las carreteras mexicanas más importantes.

Entre los datos obtenidos en este estudio de campo se encuentran el tipo de configuración vehicular observado, el peso bruto vehicular (PBV) y las dimensiones de los vehículos así como los principales orígenes y destinos, por lo que ha sido un recurso medular para obtener información de los movimientos de vehículos de carga sobre la red carretera nacional.

De estos estudios anuales se han generado diversas bases de datos, las cuales han servido para la elaboración de algunos reportes estadísticos que han sido publicados por el IMT (Gutiérrez, José, 1999,2000; Mendoza, Alberto, 1992; Duran, G, 1996) . En estos reportes se han identificado algunos aspectos referentes al flujo vehicular y al peso y las dimensiones de los vehículos encuestados por lo que se ha podido identificar la presencia de vehículos vacíos y sobrecargados en cada una de las estaciones en que se han realizado las encuestas.

A pesar de que los trabajos antes mencionados muestran un panorama del comportamiento de algunas variables, no se han tratado de establecer relaciones entre variables que pudieran ahondar en el entendimiento de las causas que pudieran originar dichos comportamientos, además de que el Estudio Estadístico de Campo del

¹ Antes llamado "Estudio de pesos y dimensiones de los vehículos de carga que circulan sobre las carreteras nacionales".

Autotransporte Nacional se realiza por medio de estaciones de encuesta cuya ubicación ha estado sujeta a restricciones presupuestales más que a un diseño muestral.

Objetivo

Este trabajo tiene como objetivo explorar bases y conjuntos de datos sobre flujos de transporte de carga en México, usando técnicas estadísticas para conocer:

1. Patrones de distribución de variables temporales y espaciales relacionadas con los siguientes atributos de servicio del transporte:

Las variables de las que se busca obtener patrones son:

- Volumen de tránsito de carga
- Peso bruto vehicular

2. Correlaciones existentes entre las variables y cada uno de los atributos de servicio de transporte mencionados.

Las variables con las que se busca relacionar los volúmenes de tránsito de vehículos de carga son:

- Año de encuesta
- Mes de encuesta
- Día de encuesta
- Carretera utilizada
- Configuración vehicular (C2, C3, T3S2, T3S3, T3S2R4)
- Tipo de servicio prestado (Público o privado)

Las variables con las que se busca relacionar los pesos brutos vehiculares de los vehículos de carga son:

- Configuración vehicular (C2, C3, T3S2, T3S3, T3S2R4)
- Tipo de servicio prestado (Público o privado)
- Carretera utilizada

Esta exploración de bases y conjuntos de datos debe aportar elementos que permitan identificar ubicaciones apropiadas para futuras encuestas dentro del Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional

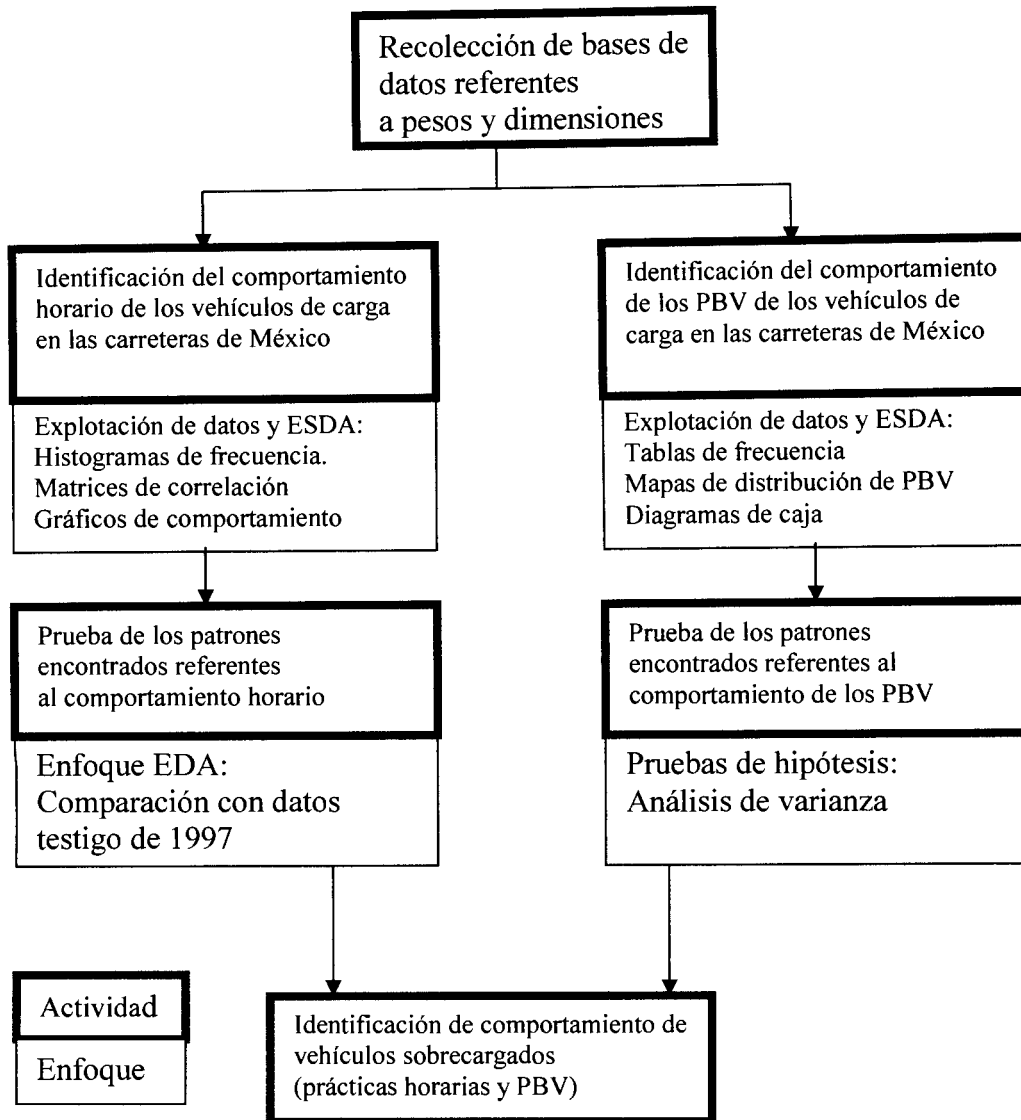
Al inicio de esta investigación se esperaba encontrar patrones y correlaciones referentes a la especialización espacial de los vehículos de acuerdo con su configuración vehicular y con el tipo de servicio prestado de tal manera que los vehículos de mayores dimensiones y de servicio público se ocupan en las rutas largas mientras que los vehículos de servicio privado y de menores dimensiones se ocupan más en rutas cortas.

En lo referente al peso bruto vehicular, se esperaba encontrar mayores pesos en los vehículos dedicados al servicio público que en los dedicados al servicio privado.

Metodología

En este trabajo se han utilizado las técnicas de Explotación de Datos (Data mining), Análisis Exploratorio de Datos (EDA por sus siglas en inglés) y de Análisis Exploratorio Espacial de Datos (ESDA por sus siglas en inglés) para identificar patrones referentes a variables de tránsito de vehículos de carga, así como al tráfico de carga y de su distribución en el territorio nacional. Estos enfoques son descritos en el primer capítulo.

A continuación se presenta de manera esquemática la metodología utilizada para este trabajo.



Una vez que se cuenta con las bases de datos del Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional, en el segundo capítulo se estudian las variaciones horarias en flujos carreteros de carga observados en estudios de campo, por lo que el enfoque estadístico del análisis exploratorio de datos es utilizado a fin de mostrar las variaciones horarias que caracterizan a los flujos vehiculares atendiendo a diversos atributos que fueron obtenidos en las estaciones de encuesta, como son: hora del día, mes de levantamiento de la encuesta o ubicación de la estación de muestreo.

El análisis usa técnicas estadísticas de amplia difusión para identificar comportamientos semejantes, periodos “pico” de los flujos y aforos esperados en las

estaciones. Los datos usados en el análisis comprenden los años 1991, 1993, 1994, 1995 y 1996, y los resultados obtenidos son comparados con mediciones hechas en 1997, las cuales fueron utilizadas como datos testigo a fin de contrastar las hipótesis que sustentan el análisis. De los datos para 1992 no se obtuvo información horaria.

De este análisis se obtuvieron resultados referentes a los siguientes aspectos:

1. Distribución horaria del tránsito diario promedio
2. Relación entre el aforo horario máximo y el tránsito diario promedio
3. Relaciones entre la distribución horaria entre estaciones agrupadas por año, mes, día y carretera.

Las relaciones que se esperaban encontrar para los volúmenes de tránsito fueron:

- Para los vehículos de carga de una determinada configuración vehicular (C2, C3, T3S2, T3S3, T3S2R4) que prestan servicios de transporte de una misma clase (público o privado), hay variaciones en la distribución de los volúmenes de tránsito en función de la carretera en que se realizó la encuesta.
- La distribución horaria de los volúmenes de tránsito de vehículos de carga es uniforme a lo largo del día.
- La distribución horaria de los volúmenes de tránsito de vehículos de carga varía de acuerdo con el día, mes, año y carretera en que se realizó la encuesta.

Por su facilidad de aplicación, para la etapa de análisis de características temporales del tránsito de vehículos de carga se utilizó el enfoque de “data mining”. Esto quiere decir que se utilizaron herramientas estadísticas básicas en conjuntos de datos de tránsito de vehículos de carga para identificar patrones referentes al comportamiento horario del tránsito.

El comportamiento horario del tránsito de vehículos de carga se realizó por grupos de estaciones dependiendo del año y mes de encuesta, día de la semana y carretera en la que se ubicaba la estación.

En la exploración por data mining, si el resultado de la etapa exploratoria sugiere un modelo particular, entonces su validez puede verificarse al aplicar dicho modelo en un

nuevo conjunto de datos utilizado como testigo y probar su desempeño. De acuerdo con esto, para identificar patrones horarios en el tránsito se utilizaron 74 estaciones de encuesta instaladas entre los años 1991 y 1996; una vez que se identificaron los patrones, estos son comparados contra el comportamiento horario del tránsito de vehículos de carga en las 20 estaciones de encuesta instaladas en 1997, las cuales fueron utilizadas como testigo.

En el tercer capítulo se identifican espacialmente los atributos de los volúmenes de tránsito encontrados en el segundo capítulo. En este capítulo se identifica la distribución espacial dentro del territorio nacional de las cinco configuraciones vehiculares más frecuentes, además de que se realiza una clasificación de los vehículos de carga en servicio público y servicio privado

Los capítulos IV y V se refieren a atributos referentes al tráfico de la carga como son el peso bruto vehicular (PBV) y el comportamiento espacial de los vehículos sobrecargados, respectivamente.

Los datos usados en este análisis comprenden los años 1991, 1993, 1994, 1995, 1996 y 1997.

En los tres últimos capítulos se utilizó el enfoque de análisis exploratorio espacial de datos, el cual permitió identificar algunos patrones geográficos referentes a diversos aspectos del tráfico de carga:

1. Distribución espacial de las estaciones en función del Peso Bruto Vehicular promedio por tipo de licencia de servicio y por configuración vehicular
2. Proporción de sobrecargados por tipo de licencia de servicio y por configuración vehicular.
3. Distribución espacial de los vehículos sobrecargados por tipo de servicio y por configuración vehicular
4. Comportamiento horario de los vehículos sobrecargados

Para identificar patrones en los pesos brutos vehiculares en vehículos de carga se utilizó el enfoque de análisis exploratorio espacial de datos (ESDA), por lo que para esto se utilizaron técnicas estadísticas básicas. A diferencia del enfoque de data mining, en el ESDA (al ser un enfoque derivado del EDA), los resultados obtenidos permiten formular hipótesis, las cuales pueden ser verificadas por métodos de prueba de hipótesis.

Antes de aplicar las técnicas estadísticas del ESDA, se clasificaron los vehículos de acuerdo con el tipo de servicio que prestaban, lo que permitió identificar vehículos de servicio público y vehículos de servicio privado.

Una vez que se tuvo la clasificación de los vehículos de carga por tipo de servicio, fue necesario clasificarlos de acuerdo con su configuración vehicular debido a la gran diversidad de vehículos de carga que circulan en las carreteras nacionales, lo que permitió identificar a las cinco configuraciones más frecuentes (C2, C3, T3S2, T3S3 y T3S2R4) que son las que finalmente fueron analizadas.

En lo que se refiere a los vehículos C2, existe una gran diversidad en las dimensiones de vehículos de carga en esta configuración, por lo que fue necesario diferenciar cuatro grupos de C2 de acuerdo con las taras de los mismos, para de esta forma tratar de hacer más homogéneas las configuraciones analizadas. Debido a esta subclasificación, se analizaron los comportamientos de ocho tipos de vehículos (cuatro tipos de C2, C3, T3S2, T3S3 y T3S2R4).

Una vez que se identificaron las configuraciones vehiculares, se procedió a agrupar los vehículos de carga en función del tipo de servicio, de la configuración vehicular y de la carretera en la que se ubicó la estación de encuesta. Esto permitió identificar patrones en los PBV de los vehículos que circulan en las carreteras nacionales de acuerdo con los criterios mencionados.

De acuerdo con el enfoque del ESDA, en la etapa de análisis espacial de PBV para verificar los patrones encontrados se utilizaron bases de datos que permitieron la

prueba de las hipótesis por medio de la técnica de análisis de varianza, la cual tiene la finalidad de encontrar diferencias significativas entre las medias que para una variable se presentaron en las distintas áreas. El análisis de varianza consiste en verificar la similitud o diferencia de medias de alguna variable entre regiones por medio de comparar las varianzas de esa variable para esas regiones.

Una vez que se visualizó el comportamiento de las variables referentes a los pesos brutos vehiculares registrados en las estaciones se formularon hipótesis para contrastar los valores observados en las distintas carreteras en que se agruparon las estaciones de encuesta.

Las pruebas de hipótesis se basan en preguntas teóricas acerca del fenómeno de transporte y usa el rigor de la teoría estadística para ayudar a coleccionar la evidencia para la prueba. En las pruebas de hipótesis la respuesta que busca es del tipo binario: si o no. Al inicio de la prueba, se tienen dos hipótesis a probar: una hipótesis nula y una alterna. Lo que se busca es de mostrar que los datos son soportados por la hipótesis nula o por la alterna.

En cuanto a las hipótesis formuladas referentes a los pesos brutos vehiculares registrados en las distintas carreteras, dada la dificultad y las diferencias económicas y sociales que se espera existan entre regiones, el utilizar datos de una región o carretera como testigo para corroborar los patrones encontrados se vería limitado por lo que la comprobación de dichos patrones se efectuó por medio de pruebas de hipótesis utilizando análisis de varianza.

Las hipótesis utilizadas referentes a los pesos brutos vehiculares utilizadas en el análisis de varianza fueron:

- Hipótesis nula: Para los vehículos de carga de una determinada configuración vehicular (C2, C3, T3S2, T3S3, T3S2R4) que prestan servicios de transporte de una misma clase (público o privado), **NO** hay variaciones en los pesos brutos

vehiculares registrados en las estaciones de encuesta. Por lo que son independientes de la carretera en que se encuentren las estaciones de encuesta.

- Hipótesis alterna: Para los vehículos de carga de una determinada configuración vehicular (C2, C3, T3S2, T3S3, T3S2R4) que prestan servicios de transporte de una misma clase (público o privado), **SI** hay variaciones en los pesos brutos vehiculares registrados en las estaciones de encuesta. Por lo que no son independientes de la carretera en que se encuentren las estaciones de encuesta.

Como se podrá observar más adelante en el apartado de enfoque exploratorio, las herramientas del EDA tienen la ventaja de trabajar con todos los datos, aún sin depurar. por lo que al identificar patrones en los datos, también encuentran datos atípicos, los cuales pueden deberse al comportamiento propio de los datos o a errores en la captura de los mismos. Los errores en las bases utilizadas en este análisis fueron identificados directamente con las herramientas del EDA, por lo que en los diagramas de caja se podrán observar datos atípicos que se espera sean violaciones encontrados en los patrones además de datos atípicos que por sus características se espera sean errores de captura o de medición.

Las conclusiones obtenidas proporcionan una descripción básica de las variaciones de estos flujos que pueden ser de utilidad para la planeación de futuras encuestas en lo referente a la ubicación de las estaciones y el período del año en que deben ser realizadas, así como servir de base para determinar el número de encuestadores necesarios para cada una de las estaciones de encuesta en función de los volúmenes vehiculares esperados.

I. EL ENFOQUE EXPLORATORIO

Para la realización de este trabajo se utilizaron distintos enfoques exploratorios:

- Análisis exploratorio de datos.
- Explotación de datos (data mining).
- Análisis exploratorio espacial de datos.

A continuación se describen estos enfoques exploratorios de datos.

1.1 Análisis exploratorio de datos (EDA).

El análisis exploratorio de datos (en inglés Exploratory Data Analysis, EDA) se refiere a técnicas numéricas y a métodos visuales y gráficos robustos¹ utilizados para explorar datos antes de usar métodos más tradicionales o para examinar residuos de un modelo. Estos métodos son particularmente útiles para identificar observaciones extraordinarias y notables violaciones a suposiciones.

Frente a la prueba de hipótesis tradicional, diseñada para verificar hipótesis acerca de relaciones entre variables, el análisis exploratorio de datos (EDA) es usado para identificar relaciones sistemáticas entre variables cuando no existen expectativas acerca de la naturaleza de esas relaciones. En el proceso de análisis exploratorio de datos, muchas variables son tomadas en cuenta y comparadas usando una variedad de técnicas en la búsqueda de patrones sistemáticos. Al identificar relaciones entre las variables, el análisis exploratorio de datos ofrece elementos para formular hipótesis referentes al comportamiento de las variables y de la relación entre ellas por lo que puede considerarse como un paso previo a la prueba de hipótesis.

Entre los métodos de Análisis Exploratorio de Datos utilizados en este trabajo se incluyen tanto a las estadísticas básicas (tamaño de población, media, mediana, desviación

¹ Como técnicas estadísticas robustas se entienden aquellas que no son tan afectadas por valores extremos o atípicos. Es por esto que en el EDA se prefiere el uso de la mediana al de la media como medida central.

estándar, valores mínimos y máximos, etc.) como a técnicas exploratorias de diseño multivariado, diseñadas para identificar patrones en datos multivariados:

Tabla e histograma de frecuencia.

Las tablas de frecuencia son la manera más sencilla para analizar datos, ya que permite revisar cómo se distribuyen en la muestra las diferentes categorías de valores de una determinada variable.

Los histogramas muestran una representación gráfica de la distribución de frecuencia de una variable seleccionada en la que las columnas son situadas sobre los intervalos de clase y las alturas de las columnas son proporcionales a la frecuencia de cada clase.

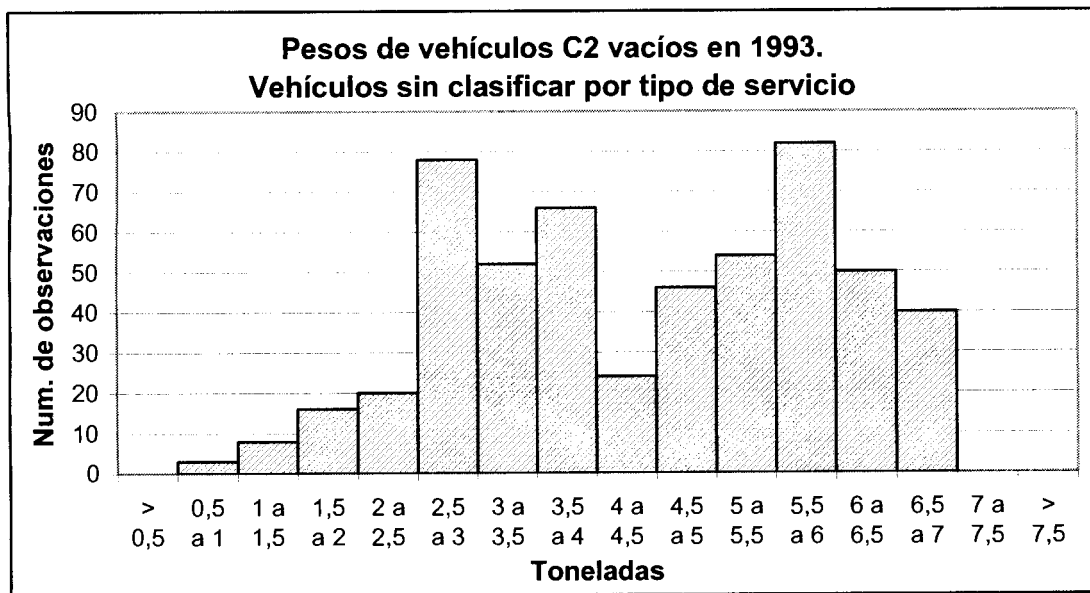


Figura 1.1. Ejemplo de histograma

Matriz de correlación.

Una matriz de correlación muestra las correlaciones existentes entre dos o más variables de estudio.

La correlación es una medida de la relación entre dos o más variables. Los rangos de correlación van desde -1.00 a +1.00 en donde un valor de correlación de +1.00

representa una correlación perfectamente positiva, esto quiere decir que las dos variables presentan comportamientos que varían de manera similar; mientras que una correlación de -1.00 representa una correlación perfectamente negativa, lo que significa que las dos variables de estudio presentan un comportamiento que varía de manera inversa. Una correlación de 0.00 significa que no existe correlación entre las variables de estudio.

La correlación utilizada en este trabajo es de tipo lineal, por lo que la matriz se obtiene al ir relacionando las variables por pares x,y en donde x representaría la primera variable de la relación mientras que y representa la segunda variable. El valor de la correlación entre dos variables se obtiene de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$r = (\sum XY) / \sqrt{(\sum X^2)(\sum Y^2)}$$

En donde:

R = Coeficiente de correlación entre dos variables.

$X = X_i - \mu_x$ Diferencia entre la medición i-ésima de la variable X y la media de la misma variable.

$Y = Y_i - \mu_y$ Diferencia entre la medición i-ésima de la variable Y y la media de la misma variable.

Diagrama de caja.

Este tipo de gráficas permite observar resúmenes estadísticos gráficamente. Permiten detectar valores extrínsecos y notar comportamientos asimétricos, ya que esta gráfica divide los datos de una variable en cuatro áreas con igual frecuencia (25% de los datos en cada área). Este tipo de gráfica puede mostrar el rango de los datos y la mediana.

La manera en que se representan las variables en esta gráfica es por medio de una caja con barbas en los extremos superior e inferior. La caja central cubre 50% de todos los valores de los datos, entre el primer y el tercer cuartiles. Las barbas se extienden hacia los extremos (valores mínimo y máximo) mientras que la línea central de la caja es la mediana. En el caso de que existan valores extraordinarios, éstos aparecerán como puntos separados

ya que las barbas se extienden solamente hacia aquellos puntos que están dentro de un rango de 1.5 veces el rango intercuartil.

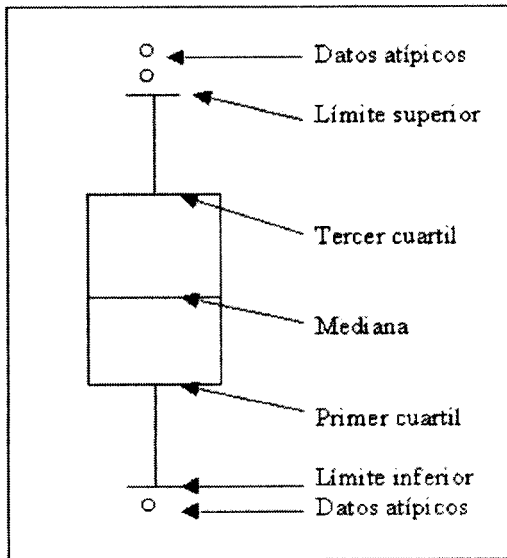


Figura 1.2. Ejemplo de diagrama de caja.

Desde el punto de vista del EDA, como primer paso deben identificarse tanto las tendencias generales de las variables para que, posteriormente, se identifiquen las variaciones locales a esas tendencias.

Entre las tendencias generales de los datos se pueden mencionar: la mediana de la distribución, la forma de la distribución (mostrada en diagramas de caja, histogramas, polígonos y tablas de frecuencia) y los intervalos en los que se concentran los datos (medidos por los rangos inter-cuartil).

Entre las variaciones locales se encuentran los valores atípicos o extraordinarios (aquellos que se encuentran por arriba del cuartil mayor o por abajo del menor en la distribución de los datos).

1.2 Explotación de datos (Data mining)

El concepto de “Data mining” se deriva del Análisis Exploratorio de Datos y es un proceso analítico diseñado para explorar grandes cantidades de datos, como es el caso de

las bases de datos del Estudio estadístico de campo del autotransporte nacional, en busca de patrones consistentes y/o relaciones sistemáticas entre variables para de esta manera validar los resultados por medio de la aplicación de patrones detectados sobre nuevos conjuntos de datos. El proceso de “Data mining” consiste en tres etapas básicas:

- Exploración.
- Construcción del modelo o definición de patrones.
- Validación/verificación.

Idealmente, cuando la naturaleza de los datos disponibles lo permite, este proceso consiste en repetir iterativamente hasta que es identificado un modelo “robusto”.

Debido a que en la práctica las opciones para validar un modelo son limitadas, los resultados iniciales son catalogados como datos heurísticos que pueden influenciar el proceso de decisión.

1.3 Análisis exploratorio espacial de datos (ESDA).

El Análisis Exploratorio Espacial de Datos (En inglés Exploratory Spatial Data Analysis, ESDA) es una extensión del EDA para detectar propiedades espaciales en los datos, por lo que requiere de técnicas adicionales a las usadas en el EDA para detectar patrones espaciales en los datos o para formular hipótesis basadas en la geografía de los datos.

Al igual que en el EDA, en el Análisis Exploratorio Espacial de Datos se utilizan estadísticas básicas y técnicas exploratorias de diseño multivariado, la diferencia radica en que en el ESDA se requieren técnicas para representar geográficamente los patrones encontrados en las variables de estudio.

El Análisis Exploratorio Espacial de datos, al ser una extensión del EDA, también consiste en buscar tendencias generales y variaciones locales, para lo que se deben realizar los siguientes puntos:

1. Agrupar en zonas. Cuando existen puntos con datos en el mapa, es conveniente agruparlos en áreas de acuerdo a un atributo común (por estado, carretera, corredor o con base en la cercanía entre dichos puntos) para facilitar su análisis. En este trabajo, esta agrupación en zonas permitió el análisis de las estaciones en grupos de carreteras, por lo que se buscó adaptar una técnica de muestreo de grupos (esta técnica se describe más adelante, en este mismo capítulo).
2. Identificar tendencias en el mapa. Una vez que se tienen los grupos establecidos, se procede a identificar los comportamientos en las variables para cada uno de los grupos.
3. Correlacionar espacialmente. Cuando se tienen las áreas caracterizadas se comparan los comportamientos de las variables encontrados en un área con los encontrados en otras áreas.
4. Detectar variaciones atípicas espaciales. Las variaciones atípicas espaciales consisten en valores de variables que pueden no ser necesariamente extremos en la distribución de la variable, pero que pueden ser extremos en términos de valores encontrados en áreas adyacentes

Dentro de las tendencias generales de las variables exploradas por el ESDA se encuentran las tendencias y las correlaciones espaciales (regiones, carreteras, corredores, etc), mientras que entre las variaciones locales a esas tendencias generales se encuentran todos aquellos valores puntuales que difieren de las tendencias espaciales encontradas.

Debido a que en el ESDA se realiza una exploración espacial, cabe mencionar la utilidad de los sistemas de información geográfica (GIS) para facilitar el análisis.

Los sistemas de información geográfica permiten administrar datos geográficamente referenciados y representar los comportamientos de las variables en mapas por lo que facilitan la visualización de datos para las etapas de agrupamiento en áreas, la

identificación de patrones espaciales, la comparación entre áreas y la identificación de áreas con comportamientos atípicos.

Sin embargo, las herramientas estadísticas con las que cuentan la mayoría de los sistemas de información geográfica no son muy sofisticadas, por lo que es necesario apoyarse en otros administradores de bases de datos en los que se puedan realizar los análisis estadísticos y las posteriores pruebas de hipótesis.

Muestreo de clusters (grupos) como elementos.

Esta es la técnica más sencilla de agrupamiento, consiste simplemente en tratar a los grupos de elementos en lugar de tratar a los elementos. En el caso de este trabajo, para la caracterización de los pesos brutos vehiculares, las estaciones de encuesta fueron agrupadas por carreteras, una vez que se realizó esta agrupación, el enfoque de ESDA para la identificación de patrones y el análisis de varianza para la verificación de las hipótesis realizadas se aplicaron a los grupos de estaciones (carreteras) en lugar de aplicar a cada una de las estaciones.

1.4 Algunas experiencias con el enfoque de análisis exploratorio de datos.

En el año 2000 se realizó una exposición llamada “North American Travel Monitoring Exposition and Conference (NATMEC)” en Wisconsin, U.S.A. En esta exposición se presentaron las experiencias que se han tenido con respecto al manejo de datos de transporte.

Entre las exposiciones presentadas, (Acha, Jorge, 2000) trata acerca de las estaciones de monitoreo de datos, en esta exposición menciona la forma en que son instaladas las estaciones sobre caminos principales sin antes haber realizado un análisis sobre su situación. La información con que se ha obtenido hasta la actualidad puede servir de base para la eliminación, reagrupación o instalación de estaciones de monitoreo.

En la misma conferencia, (Sen, Ashish, 2000) recomienda en los casos en que la calidad de los datos es pobre el uso de estimadores estadísticos robustos como los utilizados en el enfoque de análisis exploratorio de datos y en la explotación de datos (debido a que los estimadores robustos no son tan vulnerables a datos atípicos o a mediciones erróneas). Otra de las herramientas recomendadas es la visualización gráfica de los datos, ya que ésta facilita la interpretación a la vez que resalta los defectos de los datos.

Además de la exposición de NATMEC, a lo largo de la década pasada se han realizado diversos estudios en materia de transporte en los que se han utilizado algunas herramientas de los enfoques de análisis exploratorio de datos y de explotación de datos

Uno de los trabajos encontrados es el de (Pierce, B.K., 1999), el cual se enfocó en la estimación de correlaciones entre estaciones ubicadas en segmentos en la red. En este trabajo el esquema utilizado se basa en una muestra de estaciones elegida, en la que a su vez una muestra de vehículos es observada en cada estación durante un intervalo de tiempo (en este caso, el intervalo fue de un día). La correlación entre estaciones que resulta en esta muestra se debe a que los mismos vehículos observados en una estación podrían ser observados en varias estaciones durante el intervalo que dure el monitoreo.

Iwasaki (Iwasaki, M., 1991) emplea un análisis multivariado para estimar la relación entre la velocidad libre y factores geométricos. En este trabajo se encontró que las velocidades son afectadas por los gradientes, radios en las estaciones y la suma de radios en una distancia de 1.5 Km alrededor de las estaciones.

Sisiupiku (Sisiupiku, V.P., 1994) estudia la relación entre tiempos de viaje en las vialidades contra los resultados en el detector basados en simulación y estudios de campo. Las relaciones observadas fueron formuladas matemáticamente para poder proveer datos referentes a flujos y niveles de ocupación y traducirlos en tiempos de viaje en las vialidades. Los tiempos de viaje estimados son comparados contra reportes vehiculares y

datos históricos con la finalidad de mejorar las estimaciones de los tiempos de viaje a través de la fusión de datos.

Uno de los trabajos que ya trata sobre datos de pesos brutos vehiculares de camiones mexicanos es el de Figliozi (Figliozi, M.A., 2000). En este trabajo se buscó estimar flujos de camiones en el TLC a través de los corredores en la frontera de Texas. Entre los patrones encontrados se encuentra la variación horaria de los flujos vehiculares a través de la frontera así como las variaciones horarias de los pesos brutos vehiculares promedio.

Los trabajos arriba mencionados muestran algunas de las experiencias que ya se han tenido en el manejo del análisis exploratorio de datos y permiten identificar la manera en que se ha manejado la identificación de patrones de variables de tránsito en función de atributos conocidos. Los análisis exploratorios tratan de estimar distintos atributos de tránsito como son las velocidades o los volúmenes de tránsito basados ya sea en patrones observados históricamente o por factores geográficos.

En el trabajo más reciente (Figliozi, 2000) ya se busca relacionar flujos vehiculares y pesos brutos vehiculares registrados en vehículos de carga a través de la frontera norte en función de la hora del día. Sin embargo, el alcance del trabajo de Figliozi fue a nivel de la frontera norte, particularmente estados mexicanos que colindan con Texas, por lo que no considera el comportamiento y distribución de tránsito de vehículos de carga ni el de los pesos brutos vehiculares dentro de México, lo que a su vez implica que para ese trabajo no se consideren atributos como el estado de origen de la carga que viaja entre México y Estados Unidos ni las carreteras utilizadas dentro del País.

II. VARIACIONES HORARIAS EN FLUJOS CARRETEROS DE CARGA OBSERVADOS EN ESTUDIOS DE CAMPO

2.1 Descripción básica de los aforos obtenidos en las encuestas

Como primera descripción general de los flujos observados el Anexo 1 muestra un resumen de 94 estaciones instaladas en 1991, 1993, 1994, 1995, 1996 y 1997¹, así como de los vehículos que se encuestaron en cada estación. En este anexo aparecen: el año de la encuesta, las estaciones instaladas, el número total de vehículos encuestados, el promedio diario por estación, y los valores máximo y mínimo del aforo horario promedio diario observado.

Por otra parte, en las bases de datos originales se identificó la hora del día en que se hicieron los registros; de este modo el “aforo horario” se refiere al número de vehículos observado en cada una de las 24 horas del día.

El histograma de la Figura 2.1 muestra los valores observados del promedio diario de vehículos encuestados en las 74 estaciones instaladas entre los años 1991 y 1996, las cuales fueron utilizadas para identificar patrones referentes a las variaciones horarias en el flujo diario del tránsito de carga. Como se mencionó en el capítulo anterior, las 20 estaciones restantes se utilizaron como testigo para verificar dichos patrones.

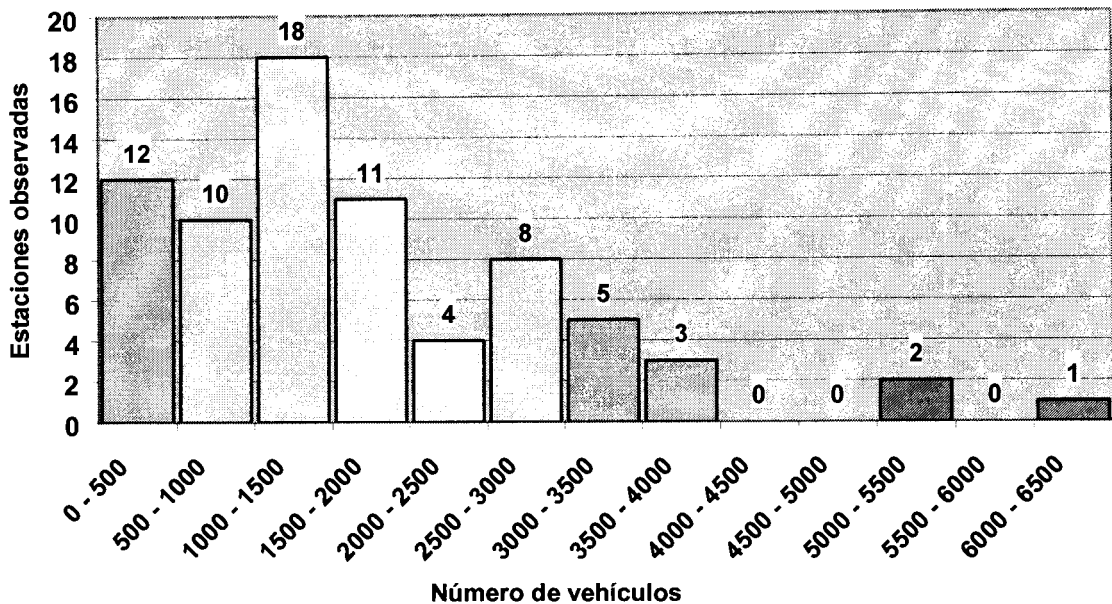
La figura ilustra a grandes rasgos que en la mayoría de los casos, los aforos promedio diarios observados en las estaciones no rebasan los 3,500 vehículos.

Con más detalle, la Tabla 2.1 muestra las frecuencias relativas de los aforos promedio diarios observados, en incrementos de 500 vehículos. La tabla indica que en 95.9% de los casos, los aforos registrados no superan el valor de 4,000 vehículos. Sólo en

¹ La estación # 29 de las encuestas de 1994 no se incluyó en el análisis, por estar incompletos sus datos horarios. De este modo el análisis se hace sobre 74 estaciones instaladas en el periodo 1991-1996 que después se compararon contra las 20 instaladas en 1997.

tres estaciones el número de vehículos superó los 4,000 siendo el máximo global registrado el de la estación Tepetzotlán, Edo. de México con 6,376 vehículos en 1991.

Figura 2.1 Histograma del Aforo Promedio Diario

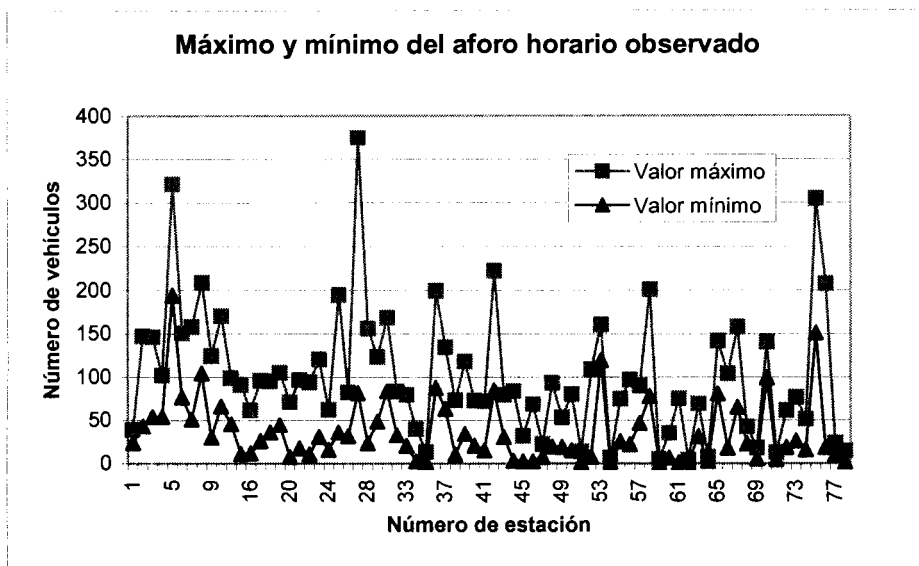


Una primera vista al comportamiento horario del flujo se ve en la Figura 2.2, que muestra los valores máximo y mínimo de los aforos horarios observados en cada estación.

Tabla 2.1 Frecuencia acumulada del aforo promedio diario

Intervalo de aforo	Número de Estaciones	Acumulado de Estaciones	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
0...a...500	12	12	16.2%	16.2%
501...a...1000	10	22	13.5%	29.7%
1001...a...1500	18	40	24.3%	54.1%
1501...a...2000	11	51	14.9%	68.9%
2001...a...2500	4	55	5.4%	74.3%
2501...a...3000	8	63	10.8%	85.1%
3001...a...3500	5	68	6.8%	91.9%
3501...a...4000	3	71	4.1%	95.9%
4001...a...4500	0	71	0.0%	95.9%
4501...a...5000	0	71	0.0%	95.9%
5001...a...5500	2	73	2.7%	98.6%
5501...a...6000	0	73	0.0%	98.6%
6001...a...6500	1	74	1.4%	100.0%

Figura 2.2. Máximo y mínimo del aforo horario



De la Figura 2.2 se aprecia cómo para la mayoría de las estaciones, los aforos horarios mínimos están en el rango de 0 a 50 vehículos, mientras que los aforos horarios máximos no superan los 200 vehículos. Las Tablas 2.2 y 2.3 muestran con mayor detalle la distribución de estos valores de aforo.

Tabla 2.2. Aforos Horarios Máximos

Intervalo de aforo	Número de Estaciones	Acumulado de estaciones	Porcentaje	Porcentaje acumulado
0 a 50	16	16	21.6	21.6
51 a 100	29	45	39.2	60.8
101 a 150	11	56	14.9	75.7
151 a 200	11	67	14.9	90.5
201 a 250	4	71	5.4	95.9
251 a 300	1	72	1.4	97.3
301 a 350	1	73	1.4	98.6
351 a 400	1	74	1.4	100.0
y mayor...	0	74	0.0	100.0

Tabla 2.3. Aforos Horarios Mínimos

Intervalo de aforo	Número de estaciones	Acumulado de estaciones	Porcentaje	Porcentaje acumulado
0 a 50	56	56	75.7	75.7
51 a 100	15	71	20.3	95.9
101 a 150	2	73	2.7	98.6
151 a 200	1	74	1.4	100.0
201 a 250	0	74	0.0	100.0
251 a 300	0	74	0.0	100.0
301 a 350	0	74	0.0	100.0
351 a 400	0	74	0.0	100.0
y mayor...	0	74	0.0	100.0

En las Tablas 2.2 y 2.3 se observa cómo, para los valores máximos de aforo horario, en 95.9% de las estaciones se tienen mediciones de hasta 250 vehículos; mientras

que para los valores mínimos de estos aforos, en 95.9% de las estaciones, las mediciones fueron de hasta 100 vehículos. En estas tablas también se puede ver que el intervalo de aforo horario máximo más común es el de 51 a 100 vehículos, mientras que para el aforo horario mínimo el intervalo más común es el de 0 a 50 vehículos.

Las consideraciones anteriores dan una primera impresión sobre los flujos vehiculares que pueden presentarse en las encuestas de campo, así como de las variaciones en aforos horarios.

Los flujos vehiculares horarios esperados permiten estimar la cantidad de personas necesarias para realizar las encuestas. Por ejemplo, Si se considera que una persona tarda 3 minutos para aplicar la encuesta a un vehículo, en una hora aplicaría 20 encuestas, por lo que en una estación por la que pasen 100 vehículos en una hora necesitaría cinco personas para cubrir ese volumen de tránsito. Estas consideraciones permiten identificar la clase de requerimientos materiales para el levantamiento de la información, por lo que junto con los patrones referentes a los flujos de carga y distribución de pesos brutos vehiculares y de los vehículos sobrecargados, los cuales se verán en los siguientes capítulos, permitirán realizar diseños que ataquen carreteras en las que se presenten vehículos sobrecargados, lo que permitirá la elaboración de un diseño muestral más completo.

2.2. Variación en los aforos horarios

Los datos horarios levantados en las encuestas confirman que los flujos vehiculares a lo largo del día no se mantienen con regularidad. Un aspecto de interés para organizar los requerimientos en el levantamiento de la encuesta es determinar qué tanto aumentará el flujo vehicular en las horas pico para las estaciones, y una forma de visualizarlo es considerar el rango de variación del aforo horario. Este rango de variación es el máximo crecimiento en aforo horario observado en las estaciones, comparado con el valor mínimo registrado. En la Figura 2.3 se muestran los rangos de variación (Max-min) de los aforos horarios, y en la Tabla 2.4 que le sigue se tiene la distribución de valores de estos rangos.

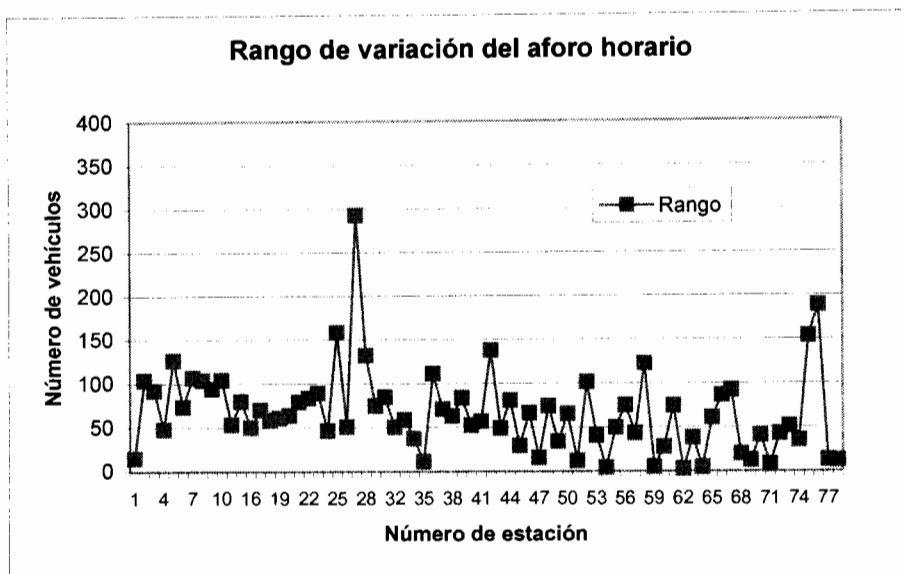


Figura 2.3. Rango de variación de aforos horarios

Tabla 2.4. Frecuencias de rango de aforo diario

Intervalo de aforo	Número de estaciones	Acumulado de		Porcentaje acumulado
		estaciones	Porcentaje	
0 a 50	26	26	35.1	35.1
51 a 100	34	60	45.9	81.1
101 a 150	11	71	14.9	95.9
151 a 200	2	73	2.7	98.6
201 a 250	0	73	0.0	98.6
251 a 300	1	74	1.4	100.0
301 a 350	0	74	0.0	100.0
351 a 400	0	74	0.0	100.0
y mayor...	0	74	0.0	100.0

De la Tabla 2.4 se ve que en 95.9% de las estaciones el crecimiento en aforo horario a partir del mínimo observado en la estación no rebasa los 150 vehículos. Este valor da una idea del requerimiento en capacidad de encuesta para las horas pico *en la mayoría de las estaciones*.

2.2.1. Variación conjunta del aforo promedio diario y del aforo horario máximo

El aforo horario máximo registrado en las encuestas es un dato básico para prever los flujos vehiculares que se presentan en las horas pico en las estaciones. Este aforo horario máximo naturalmente depende del total de vehículos registrados en las estaciones, y por tanto, del aforo promedio diario observado.

Al relacionar los valores observados de aforo medio diario con los correspondientes valores de aforo horario máximo en el periodo de 1991 a 1996 se encontró una relación lineal que se aprecia fácilmente en la Figura 2.4. La ecuación de ajuste lineal mostrada en la figura es

$Y = 0.0577X$ y el coeficiente de determinación $R^2 = 0.9493$, que indica un buen ajuste a este modelo.

De acuerdo con la Figura 2.4, la mayoría de los valores de aforo promedio diario se relacionan linealmente con sus correspondientes valores de aforo horario máximo, siendo este último aproximadamente 5.77% del aforo promedio diario; así, este porcentaje es una primera aproximación al valor de aforo horario máximo que se puede esperar en las estaciones de encuesta, dependiendo de su aforo medio diario.

Los puntos de la gráfica que más se alejan de la recta de tendencia corresponden a los valores mayores de aforos promedio diarios, entre los cuales destaca el valor más alto correspondiente a la estación de Tepotzotlán en la encuesta de 1991.

2.2.2 Variaciones en los porcentajes horarios de aforos

Otro aspecto de interés que reflejan los datos de las encuestas es el comportamiento de los flujos vehiculares en cada una de las 24 horas del día. Esta información puede ayudar a visualizar los periodos de horas pico y de horas valle en las estaciones de muestreo.

Como se puede observar del Anexo 1, los aforos totales registrados en las estaciones varían en un amplio rango, desde el orden de centenas hasta el de varios miles de vehículos. En razón de esto, una forma de acercarse al comportamiento de los ciclos del flujo vehicular en las estaciones a lo largo del día es observar el porcentaje horario de flujo, es decir, el porcentaje del flujo total que se presenta en cada hora del día.

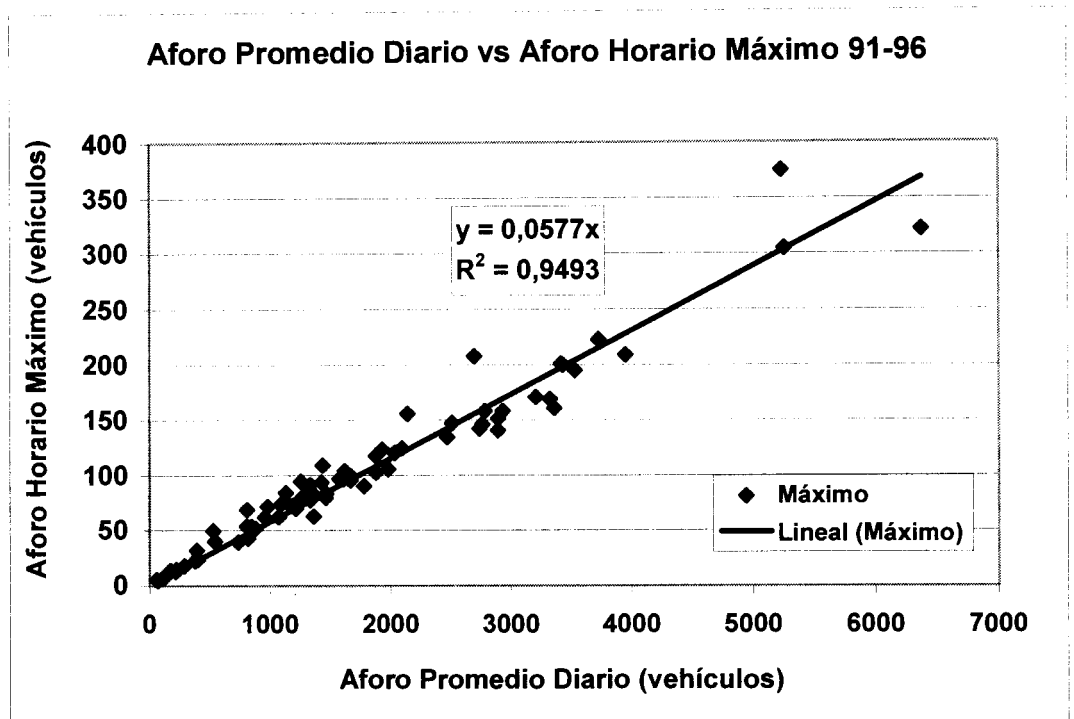


Figura 2.4

2.2.3 Variaciones de acuerdo con el año de aforo

A fin de tener una idea del comportamiento global de estos porcentajes horarios en los cinco años de encuesta estudiados, se calcularon los valores promedio ponderados para las estaciones de encuesta instaladas en cada año para obtener los porcentajes de flujo para cada hora del día. La Figura 2.5 muestra las gráficas obtenidas.

Como se aprecia de esta figura, el comportamiento es muy semejante para los años considerados en el análisis. A grandes rasgos, puede ubicarse el periodo de mayor flujo entre las 08:00 y las 18:00 horas aproximadamente. Los los valores mayores oscilan entre el 4% y el 6% del flujo total que pasa en cada estación; del mismo modo, se puede ver que el periodo más relajado ocurre entre las 23:00 y las 05:00 con valores menores al 4% del flujo total, ocurriendo el mínimo entre las 02:00 y las 04:00 horas.

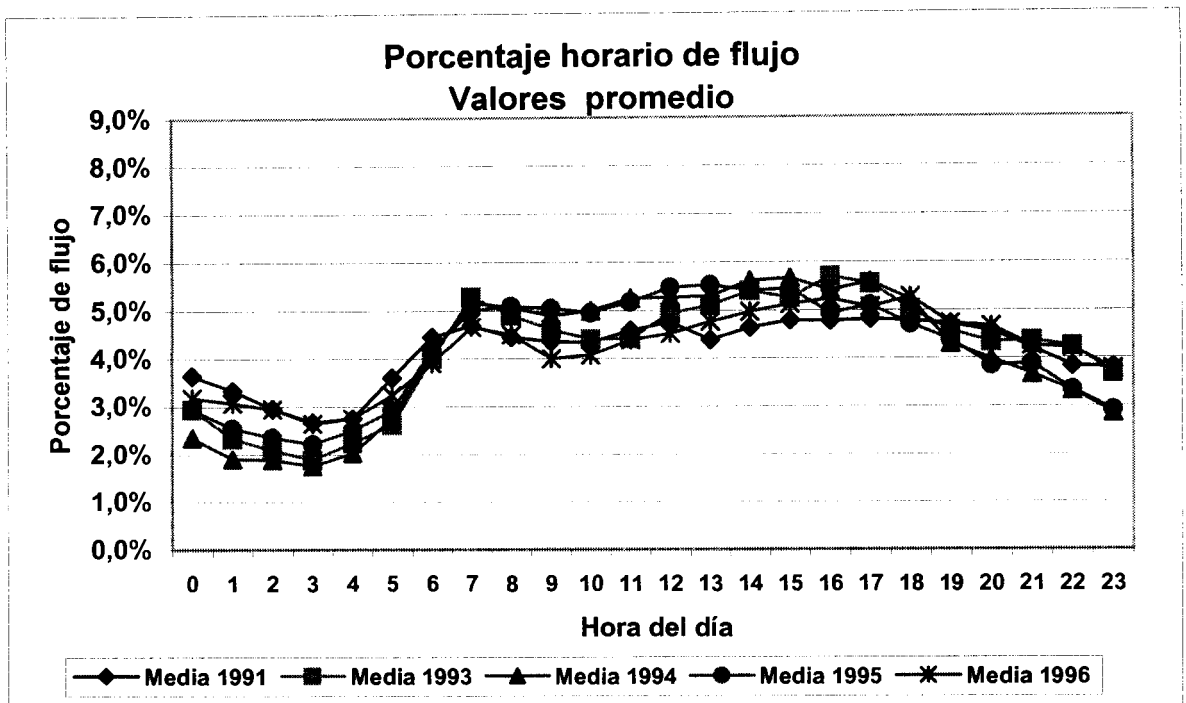


Figura 2.5. Valores promedio del Porcentaje Horario de Flujo

2.2.4 Variaciones de acuerdo con el mes de aforo.

En cuanto a la época del año en que se hicieron las encuestas, por lo general en cada año se muestreó en distintos meses, como se resume en la Tabla 2.5 siguiente.

Tabla 2.5. Número de estaciones por mes de elaboración de la encuesta

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Número de Estaciones	1	4	3	1	5	6	10	7	10	18	7	2

Considerando a los meses en que se colectaron datos en más de una estación, los valores promedio de los porcentajes de flujo horario para cada mes se muestran graficados en la Figura 2.6. En la figura se ve también a grandes rasgos un comportamiento similar en cuanto a los periodos pico y periodos valle para los datos promedio mensuales de las encuestas.

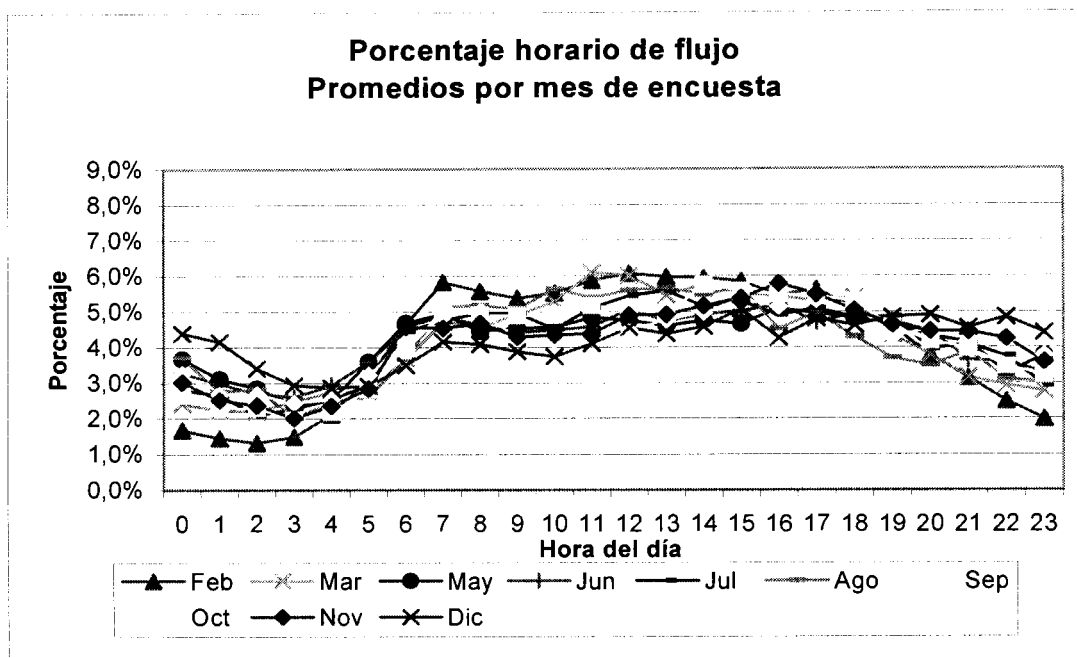


Figura 2.6

2.2.5 Variaciones de acuerdo con la ubicación de la estación de aforo.

Adicionalmente a los datos de mes y año de la encuesta, también se pudo identificar la ubicación de las estaciones por carretera.

El primer paso fue identificar las carreteras en las que se ubicaron más de dos estaciones. Una vez que se identificaron estas carreteras, se procedió a dividir los vehículos que se encuestaron en ellas en las cinco configuraciones más frecuentes para posteriormente observar la distribución horaria de los vehículos para cada configuración.

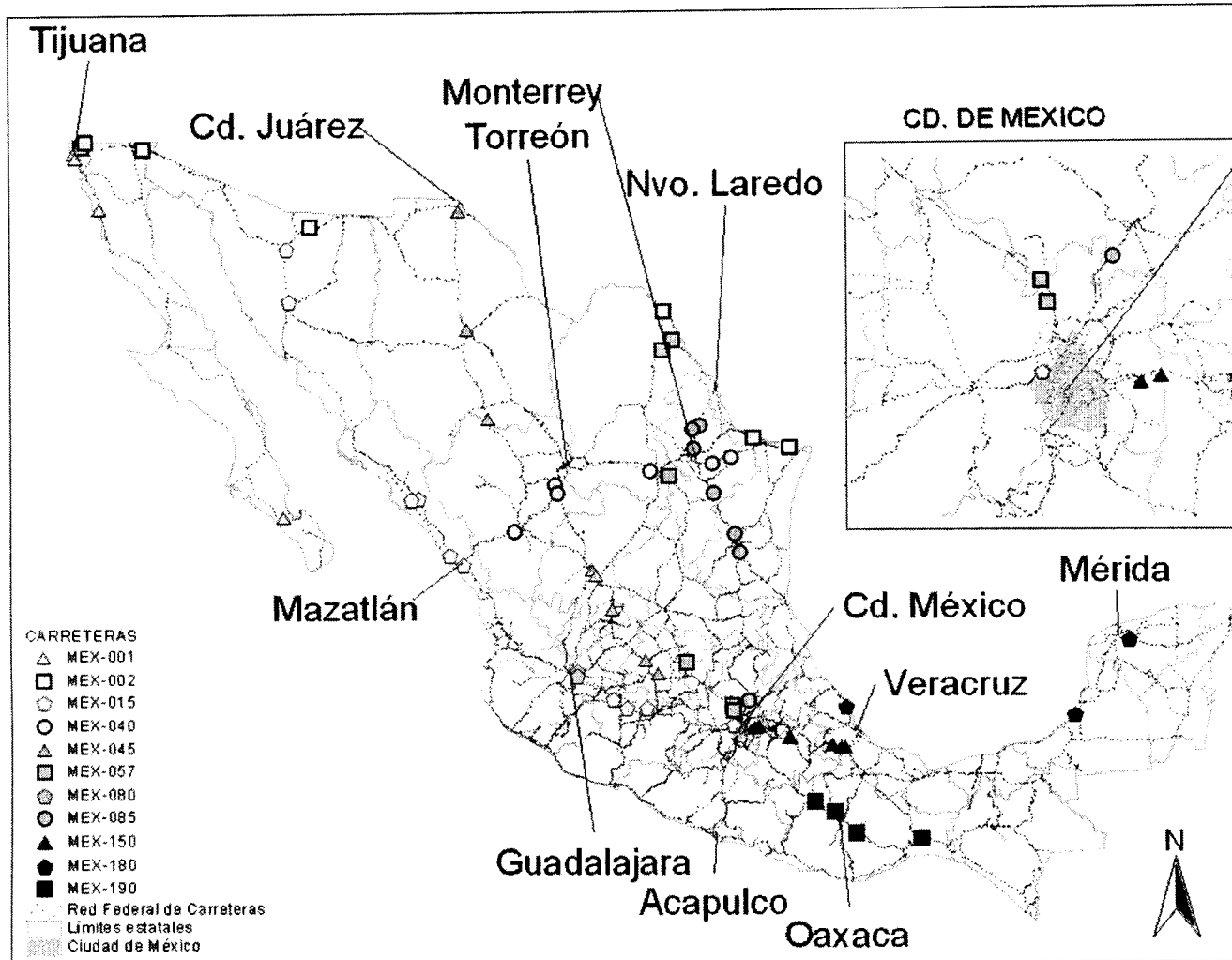


Figura 2.7 Carreteras con mayor frecuencia de estaciones de encuesta

Las carreteras consideradas para la distribución horaria fueron las siguientes:

MEX-001 Situada en la Península de Baja California

MEX-002	Situada en la frontera Norte de México
MEX-015	Situada en la costa del Pacífico
MEX-040	Mazatlán – Reynosa
MEX-045	México – Cd. Juárez
MEX-057	México – Piedras Negras
MEX-080	Guadalajara – San Luis Potosí
MEX-085	Tampico – Nuevo Laredo
MEX-150	México – Veracruz
MEX-180	Situada en la costa Sur del Golfo de México
MEX-190	Oaxaca – Istmo de Tehuantepec

La ubicación de las estaciones de encuesta en estas carreteras se puede observar en el mapa de la figura 2.7.

Cabe mencionar que la agrupación de las estaciones de encuesta es una primer aproximación al análisis del comportamiento territorial de las variables tanto de tránsito de los vehículos de carga como del flujo de la carga, el cual se verá en capítulos posteriores. Este criterio de agrupación territorial de estaciones podría ser afectado por el número de estaciones en cada una de las carreteras y por la misma concentración territorial de las estaciones de encuesta.

En la tabla 2.6 se enumeran las estaciones ubicadas en las carreteras consideradas para la distribución horaria. En la tabla se puede observar que las carreteras varían considerablemente en el número de estaciones ubicadas en ellas, por lo que hubo desde carreteras con dos estaciones (MEX-080) hasta once estaciones (MEX-015).

En la tabla 2.6 también se puede observar que hay carreteras con estaciones ubicadas en varios estados (MEX-002, MEX-015, MEX-040, MEX-045, MEX-057 y MEX-085) mientras que en otras las estaciones se encuentran más concentradas territorialmente (MEX-001, MEX-080, MEX-150, MEX-180 y MEX-190). Esta situación podría provocar que en las carreteras con estaciones distribuidas en varios estados el

comportamiento de la distribución horaria del tránsito y del flujo de la carga difiera entre las estaciones dentro de una misma carretera.

Las bases de datos utilizadas para este análisis permiten además de la ubicación de las estaciones por carretera, la ubicación por entidad federativa. Sin embargo se prefirió realizar el análisis por carretera debido a que a pesar de que en un estado las estaciones estarían más cercanas entre sí, la agrupación por estado no se tenía tanto el problema de la dispersión de las estaciones, también se veía afectada por la cantidad de estaciones por grupo además de que la agrupación por carretera puede servir como base para que, en un análisis posterior, identificar los patrones de las estaciones agrupadas por corredores de transporte.

Tabla 2.6 Ubicación de estaciones en carreteras seleccionadas

CARRETERA	ESTACIONES CONSIDERADAS	ESTADOS
MEX-001	45, 46, 96, 97	Baja California, Baja California Sur
MEX-002	38, 51, 52, 60, 90, 92, 95	Baja California, Sonora, Coahuila, Tamaulipas
MEX-015	2, 20, 22, 27, 32, 43, 49, 50, 55, 59, 61	Michoacán, Sinaloa, Sonora
MEX-040	17, 19, 30, 34, 54, 56, 57	Durango, Nuevo León, Coahuila
MEX-045	3, 4, 26, 37, 39, 41, 42, 93	Guanajuato, Aguascalientes, Zacatecas, Durango, Chihuahua
MEX-057	5, 8, 31, 44, 53, 91, 98	Edo. de México, Guanajuato, San Luis Potosí, Coahuila
MEX-080	24, 25	Jalisco
MEX-085	35, 36, 40, 79, 87	Hidalgo, Tamaulipas, Nuevo León
MEX-150	1, 6, 10, 64, 65, 86	Edo. de México, Veracruz
MEX-180	69, 72, 74, 82, 88	Veracruz, Yucatán
MEX-190	28, 73, 77, 89	Oaxaca

Para las carreteras consideradas en el análisis, la Figura 2.8 muestra los promedios del porcentaje de flujo observado en cada hora del día.

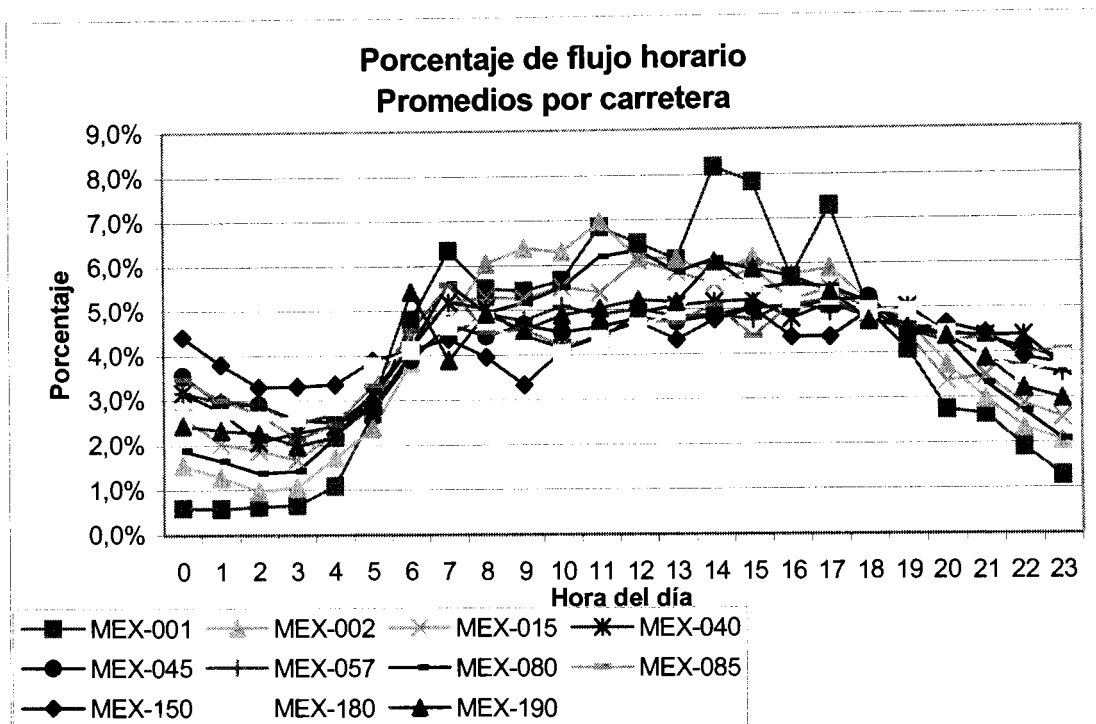


Figura 2.8

La figura muestra a grandes rasgos un comportamiento global semejante al de las figuras 2.5 y 2.6, ubicándose los periodos pico y valle aproximadamente en el mismo rango. Sin embargo, ya se notan diferencias de comportamiento en casos particulares. Así puede verse un flujo más cambiante en la carretera MEX-001 ubicada en el estado de Baja California comparado con el que presenta la carretera MEX-150 en la región de Puebla y Veracruz.

2.2.6 Variaciones de acuerdo con el día de la semana en que se realizó la medición.

Como se mencionó anteriormente, las encuestas se hicieron durante cuatro días consecutivos. Casi en todas las estaciones, se trabajó de martes a viernes. En la Figura 2.9 a continuación se muestran los promedios del porcentaje horario del flujo para los cuatro días de observación, y como puede verse, este flujo horario sigue el mismo patrón observado en las figuras 2.5 y 2.6 anteriores.

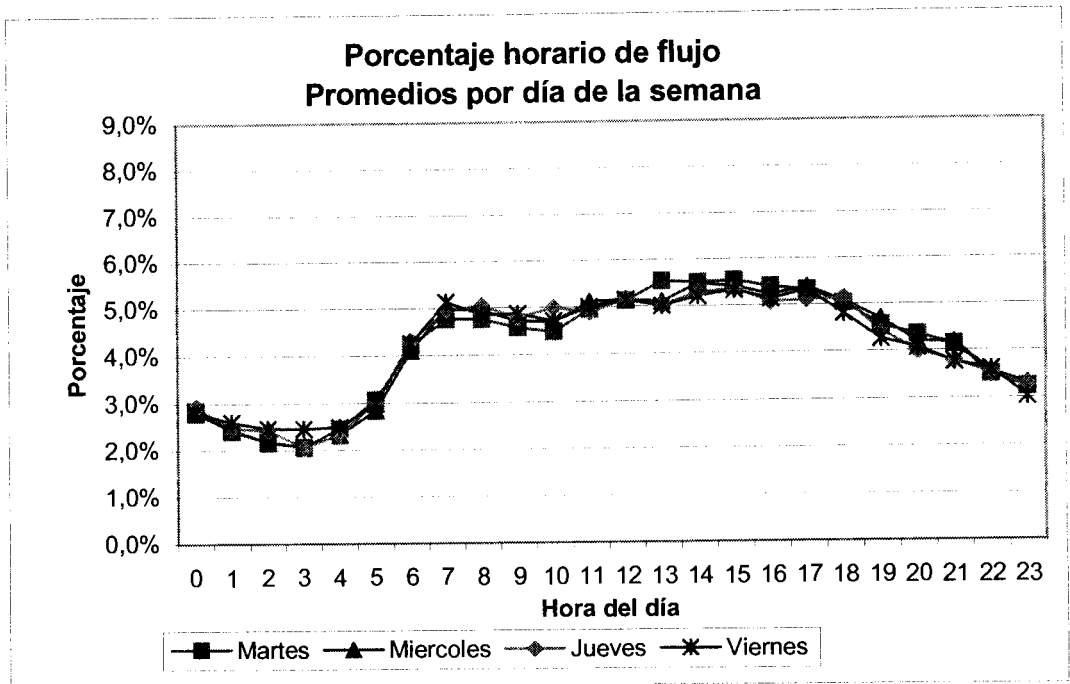


Figura 2.9

2.3. Correlaciones entre las variaciones horarias de los aforos de vehículos de carga.

Las figuras mostradas anteriormente dan una idea visual de los comportamientos del porcentaje horario del flujo vehicular en las estaciones de encuesta. Si se desea tener una apreciación más objetiva que permita cuantificar las similitudes o diferencias en estos comportamientos resulta de utilidad calcular los coeficientes de correlación lineal entre las mediciones horarias hechas en las diversas estaciones. El criterio también se puede aplicar al caso de los comportamientos promedio. El coeficiente ρ de correlación lineal, o coeficiente de correlación de Pearson es una medida que refleja el grado en que dos o más variables son proporcionales entre sí, tanto en magnitud como en sentido de variación. De este modo, si las variables cambian de manera semejante en sentido y magnitud, se obtendrán valores altos de ρ , mientras que cuando las variables se comportan erráticamente el valor de ρ será bajo.

Considerando los promedios del porcentaje horario de flujo mostrados en la Figura 2.5, la Tabla 2.7 muestra las correlaciones entre las mediciones promedio de cada año.

Tabla 2.7. Correlaciones entre valores promedio del porcentaje horario de flujo
Clasificación por año de encuesta

	MEDIA 1991	MEDIA 1993	MEDIA 1994	MEDIA 1995	MEDIA 1996
MEDIA 1991	----				
MEDIA 1993	0.943	----			
MEDIA 1994	0.929	0.954	----		
MEDIA 1995	0.901	0.922	0.985	----	
MEDIA 1996	0.936	0.963	0.912	0.859	----

En la Tabla se observan altas correlaciones entre los promedios de los porcentajes horarios de flujo en los cinco años, lo que confirma el comportamiento similar de las curvas mostradas en la Figura 2.5.

En el caso de los promedios referidos a los meses en los que se tuvieron más de una medición, los valores de correlación se pueden observar en la Tabla 2.8. En esta Tabla se nota enseguida la baja correlación que tiene el mes de diciembre con el resto, y las altas correlaciones de los otros meses entre sí.

La correlación más alta mostrada es de noviembre con septiembre, con un valor de 0.975, y la menor es la de febrero con diciembre, con un valor de 0.387. Para examinar más de cerca los porcentajes horarios de estos flujos, la Figura 2.10 muestra los valores de septiembre y noviembre en dos curvas y los de febrero y diciembre con dos gráficas de barras, donde se aprecia un comportamiento distinto del porcentaje horario del flujo en diciembre, particularmente en el periodo de las 18:00 a las 23:00 horas.

Tabla 2.8. Correlaciones de valores promedio del porcentaje

Horario de flujo. Clasificación por mes de encuesta

	FEB	MAR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
FEB	----									
MAR	0.959	----								
MAY	0.904	0.858	----							
JUN	0.952	0.913	0.951	----						
JUL	0.962	0.932	0.914	0.952	----					
AGO	0.912	0.908	0.835	0.837	0.897	----				
SEP	0.862	0.828	0.906	0.920	0.908	0.801	----			
OCT	0.951	0.946	0.937	0.957	0.959	0.899	0.951	----		
NOV	0.861	0.839	0.919	0.934	0.925	0.789	0.975	0.947	----	
DIC	0.387	0.438	0.570	0.545	0.567	0.474	0.699	0.595	0.699	----

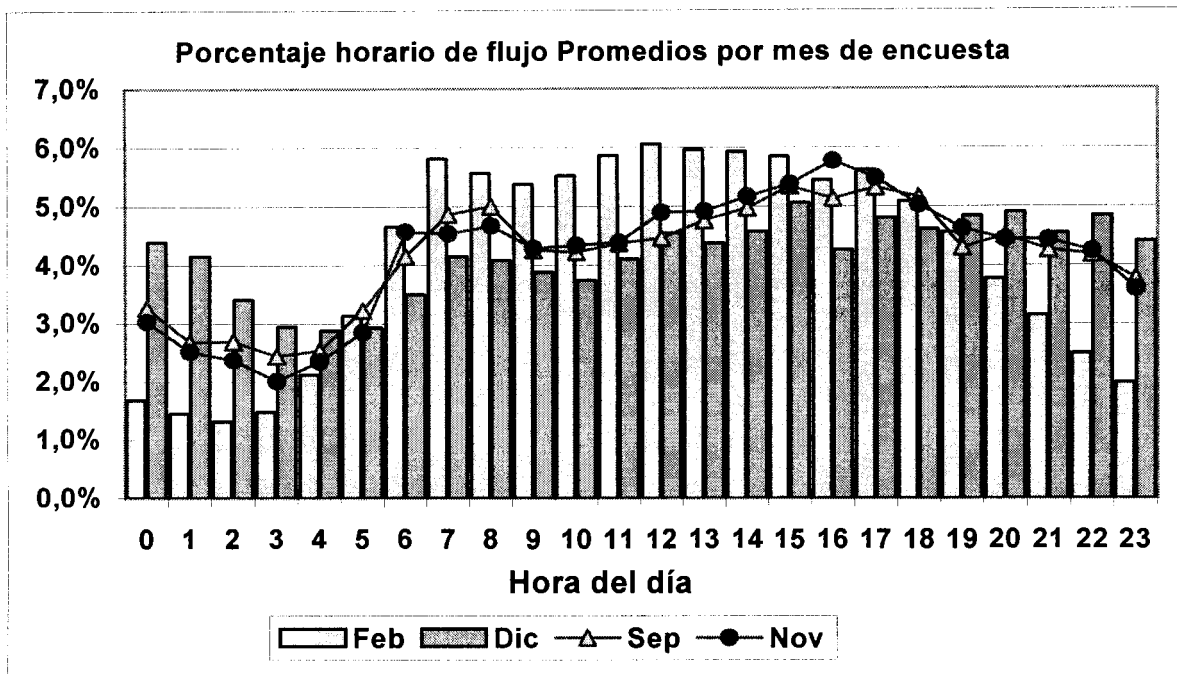


Figura 2.10 Porcentaje horario de flujo. Comparativo en meses con correlación baja y alta

Para el análisis del comportamiento del flujo horario en distintas carreteras, la tabla 2.9 enseguida muestra las correlaciones para las carreteras donde hubo más de una estación.

**Tabla 2.9. Correlaciones entre valores promedio del porcentaje horario de flujo
Clasificación por carretera**

	MEX-001	MEX-002	MEX-015	MEX-040	MEX-045	MEX-057	MEX-080	MEX-085	MEX-150	MEX-180	MEX-190
MEX-001	----										
MEX-002	0.940	----									
MEX-015	0.964	0.974	----								
MEX-040	0.842	0.837	0.876	----							
MEX-045	0.833	0.863	0.880	0.935	----						
MEX-057	0.876	0.948	0.938	0.899	0.952	----					
MEX-080	0.959	0.969	0.974	0.869	0.868	0.933	----				
MEX-085	0.820	0.795	0.846	0.941	0.923	0.877	0.851	----			
MEX-150	0.615	0.554	0.625	0.733	0.738	0.656	0.649	0.676	----		
MEX-180	0.896	0.846	0.869	0.921	0.880	0.872	0.883	0.870	0.715	----	
MEX-190	0.924	0.907	0.924	0.870	0.875	0.917	0.917	0.837	0.685	0.920	----

En la tabla resaltan los bajos valores de correlación (0.554 a 0.738) que muestra la carretera MEX-150 con las otras carreteras. Esto puede indicar que individualmente, en la carretera MEX-150 (ubicaciones en Puebla y Veracruz) el porcentaje horario de flujo es distinto al de las demás ya que, de las estaciones que la forman (La Luz II y La Luz III en la carretera libre entre Córdoba y Veracruz, Amozoc y San Marcos en la carretera de cuota entre la Ciudad de México y Córdoba y Trinidad en la carretera de cuota entre Córdoba y Veracruz) las ubicadas en Amozoc y La Luz tienen una distribución horaria del tránsito que es uniforme en todo el día, mientras que en las de San Marcos y La Trinidad la distribución es más parecida al resto de las carreteras.

Por otra parte, los valores más altos de correlación observados corresponden a las parejas de carreteras MEX-015 / MEX-002, MEX-080 / MEX-015, ambas con correlación

de 0.974, y MEX-080 / MEX-002 con una correlación de 0.969. Esto sugiere que el flujo horario en estas tres carreteras tiene una gran semejanza. La Figura 2.11 muestra las curvas de porcentaje horario de estas carreteras.

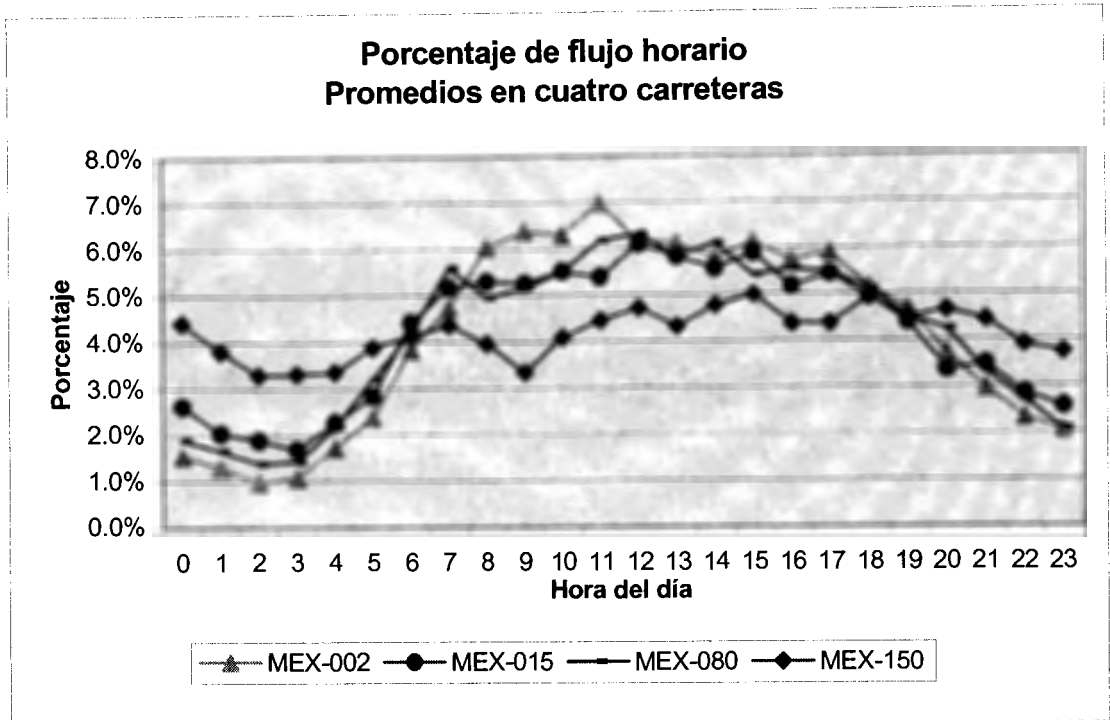


Figura 2.11. Porcentaje horario de flujo en cuatro carreteras

Finalmente, en el caso de los promedios referidos al día en que se realizaron las mediciones, los valores de correlación para los porcentajes horarios de flujo se pueden observar en la tabla 2.10.

Tabla 2.10. Correlaciones entre valores promedio del porcentaje horario de flujo

Clasificación por día de la semana.

	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Martes	----			
Miércoles	0.991	----		
Jueves	0.979	0.989	----	
Viernes	0.978	0.987	0.989	----

Como se ve de esta tabla 2.10, hay altos valores de correlación entre los promedios de los porcentajes horarios de flujo para los cuatro días de la semana. Esta observación confirma la gran semejanza mostrada en las curvas de la Figura 2.8.

2.4. Comparaciones con datos de 1997

El análisis hecho en las secciones anteriores se basó en datos de encuestas de campo levantadas en los años 1991, 1993, 1994, 1995 y 1996. Los resultados de este análisis se compararon con los obtenidos de la encuesta levantada en 1997, la cual abarcó solamente 20 estaciones, y se realizó en los meses de septiembre, octubre y noviembre de ese año.

2.4.1 Comparaciones de aforos

La primera comparación hecha fue respecto a los aforos promedio diario observados. La tabla 2.11 resume la información para las observaciones 1991-1996 y las de 1997.

Tabla 2.11. Aforos Promedio Diario. 1991-1996 vs. 1997

Intervalo de aforo	Observaciones 1991-1996			Observaciones de 1997		
	Número de estaciones	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Número de estaciones	Porcentaje	Porcentaje acumulado
0 a 500	12	16.2	16.2	5	25.0	25.0
501 a 1000	10	13.5	29.7	5	25.0	50.0
1001 a 1500	18	24.3	54.1	6	30.0	80.0
1501 a 2000	11	14.9	68.9	1	5.0	85.0
2001 a 2500	4	5.4	74.3	1	5.0	90.0
2501 a 3000	8	10.8	85.1	0	0.0	90.0
3001 a 3500	5	6.8	91.9	1	5.0	95.0
3501 a 4000	3	4.1	95.9	0	0.0	95.0
4001 a 4500	0	0.0	95.9	0	0.0	95.0
4501 a 5000	0	0.0	95.9	0	0.0	95.0
5001 a 5500	2	2.7	98.6	0	0.0	95.0
5501 a 6000	0	0.0	98.6	0	0.0	95.0
6001 a 6500	1	1.4	100.0	0	0.0	95.0
y mayor...	0	0.0	100.0	1	5.0	100.0
TOTALES:	74			20		

En esta tabla se aprecia cómo para los datos de 1997, en el 95% de las estaciones, el aforo promedio diario llegó a ser hasta de 3500 vehículos, ubicándose muy cercano al

correspondiente 95.9% del periodo 1991-1996 que llegó hasta el intervalo de 3501 a 4000 vehículos. Por otra parte, tanto para los datos 1991-1996 como para los de 1997, el intervalo con mayor número de mediciones (estaciones) correspondió al de 1001 a 1500 vehículos de aforo medio diario, siendo un 24.3% de las estaciones 1991-1996 y un 30.0% para los datos de 1997. Las gráficas de estas frecuencias acumuladas de aforos promedios diarios se ilustran a continuación en la Figura 2.12, donde se aprecia que la forma de las curvas en ambos periodos de observación es semejante.

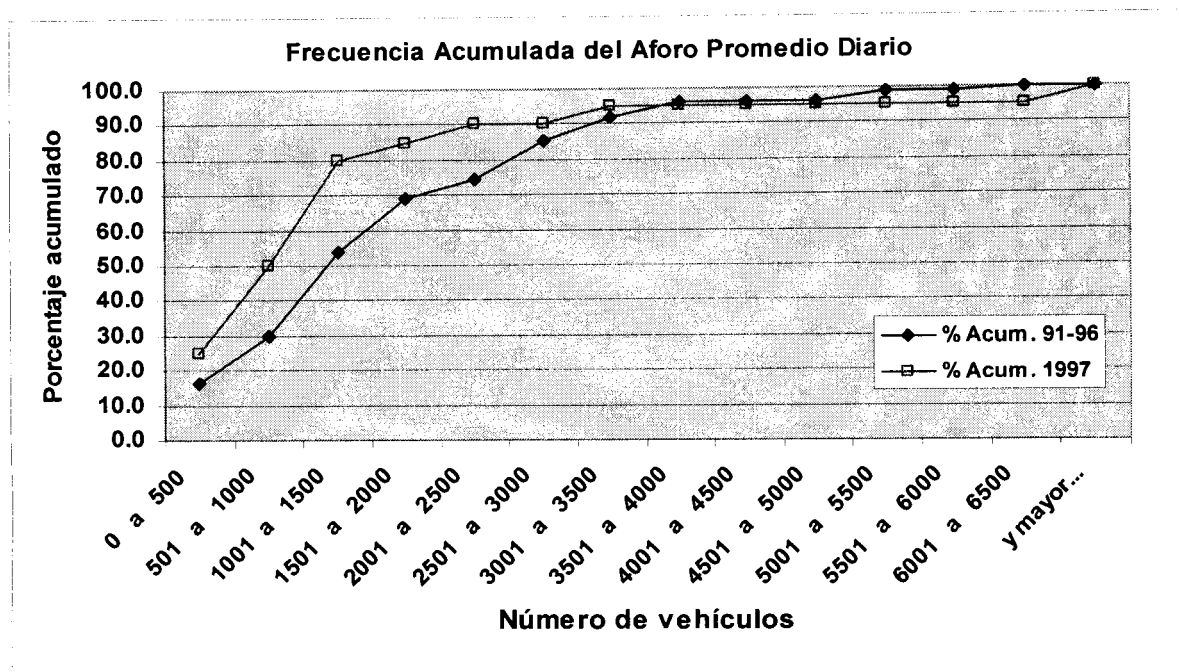


Figura 2.12. Frecuencias acumuladas del aforo promedio diario.1991-1996 vs. 1997

Los máximos aforos horarios del periodo 1991-1996 se compararon con los de 1997. La Figura 2.13 muestra estos aforos, observándose que en la mayoría de las estaciones de 1997, los valores están dentro del rango de los observados entre 1991-1996, (no mayores a 200 vehículos) a excepción de la estación #98, ubicada en Tepotzotlán, Edo. de México, con un registro mucho mayor que el resto. Esta estación #98 ya se había medido en 1991, dando aforos muy superiores al resto de la muestra, como se observó en el análisis de la Figura 2.1.

En la comparación de los mínimos aforos horarios observados 1991-1996 contra los de 1997, la situación fue semejante. La Figura 2.14 ilustra esto, notándose que la mayoría de estaciones de 1997 se mantienen en el rango de 0 a 50 vehículos, a excepción de la estación #98 de Tepozotlán.

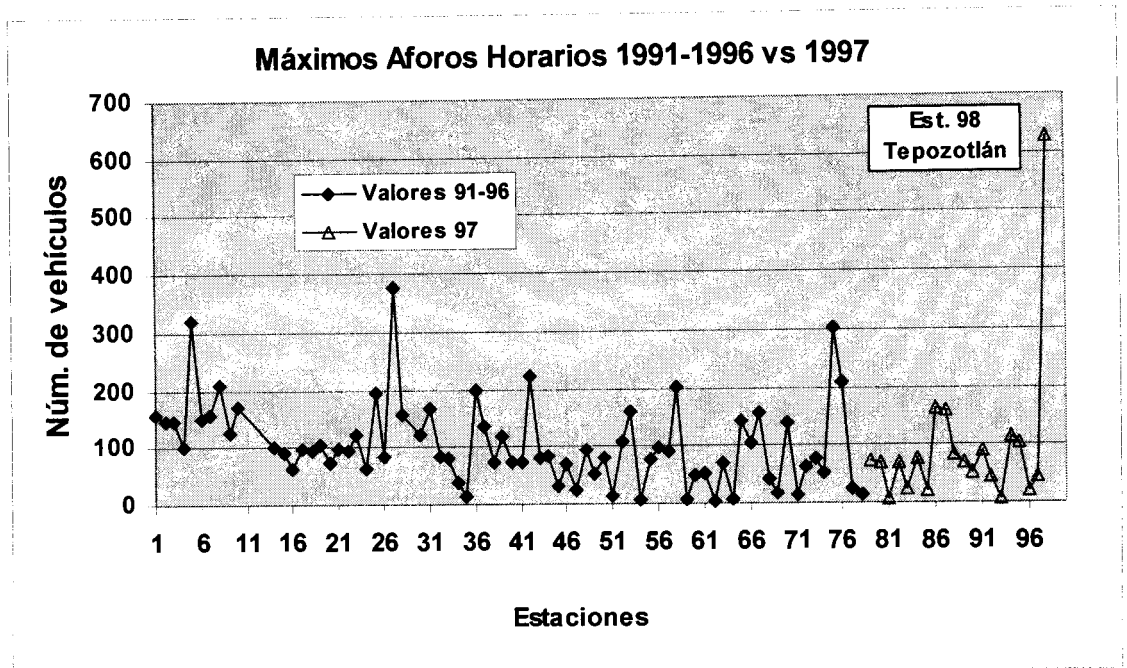


Figura 2.13. Máximo aforo horario. 1991-1996 vs.1997

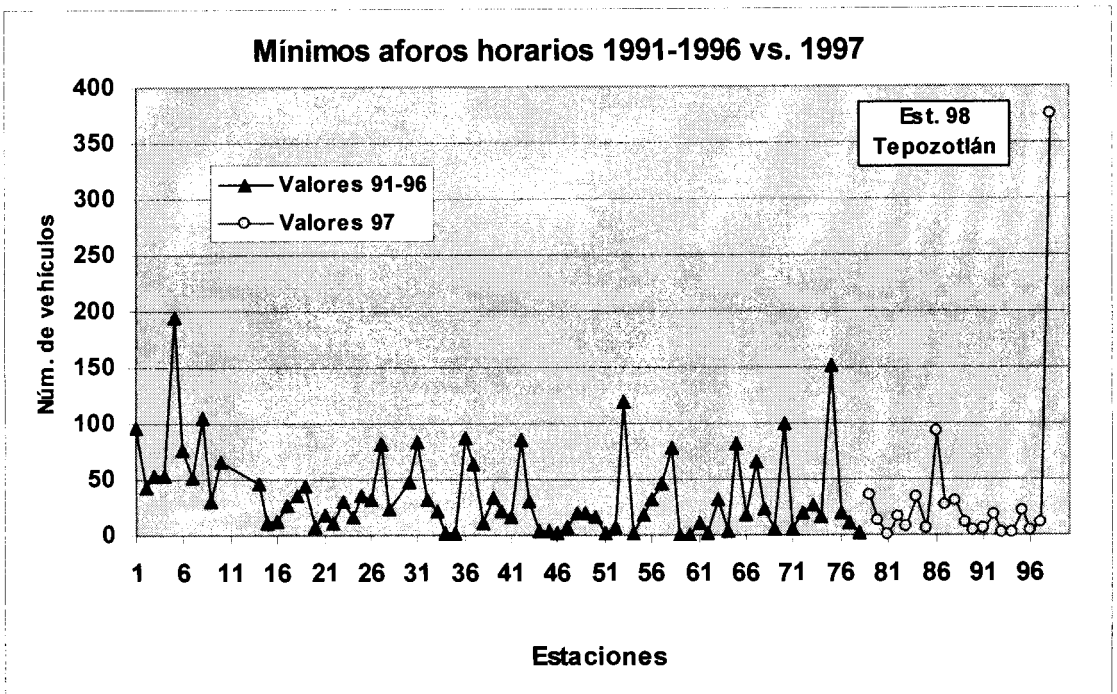


Figura 2.14. Mínimo aforo horario. 1991-1996 vs.1997

Para confirmar la relación entre el aforo horario máximo y el aforo promedio diario para los datos de 1997, se usó la ecuación propuesta en la regresión lineal que aparece en la Figura 2.4 anterior:

$$Y = 0.0577X,$$

donde

X = aforo promedio diario observado en 1997

Y = aforo máximo pronosticado en 1997.

Al comparar los valores de aforo horario máximo pronosticado contra los valores de aforo horario máximo observado en las estaciones de encuesta 1997, se obtuvo la recta mostrada en la Figura 2.15. En esta recta aparece también una ecuación de regresión lineal entre los valores de abscisa y ordenada:

$$Y = 0.9225X$$

donde

X = aforo horario máximo pronosticado para 1997

Y = aforo horario máximo observado en 1997

El valor obtenido para la pendiente de 0.9225 nos indica que los valores de aforo horario máximo observados en 1997 tienen una gran similitud con respecto a los valores pronosticados para ese mismo año, además de que se obtuvo un muy buen coeficiente de determinación $R^2 = 0.9742$, lo que indica que la ecuación pronosticada explicó más del 97% de los valores pronosticados para 1997.

La pendiente obtenida para la recta de regresión es cercana a uno, lo que indica buena semejanza entre los valores pronosticados y los valores realmente observados. En

esta gráfica también se nota el alejamiento del último punto de la recta respecto a los demás, y que corresponde a los altos valores observados en la estación de Tepetzotlán, que también fue medida en 1997.

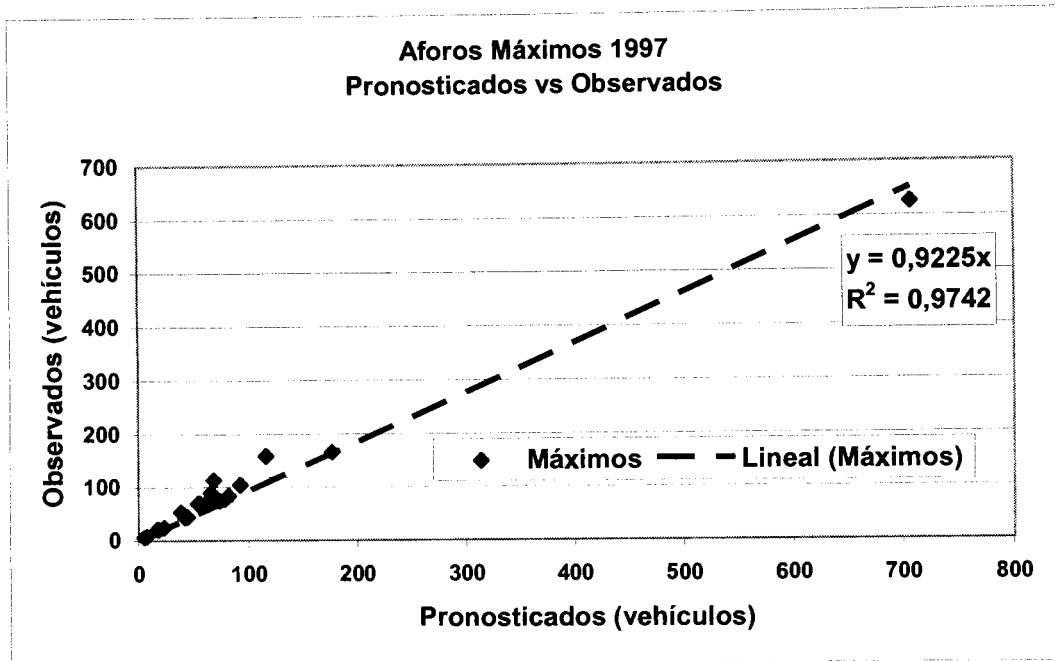


Figura 2.15. Máximo aforo horario 1997. Observados y Pronosticados

2.4.2 Comparaciones de porcentajes horarios de aforo

Las variaciones del porcentaje horario del flujo observado en 1991-1996 se compararon con las de 1997. La Figura 2.16 muestra la colección de curvas para todos esos años. Puede apreciarse que la curva del año 1997 se comporta de modo semejante al de las curvas de los otros años, ocurriendo también los flujos más intensos de las 8:00 a las 18:00 horas y los más relajados entre las 02:00 y las 04:00 horas.

Adicionalmente, usando las curvas de valores promedio del porcentaje horario de flujo para los años 1991, 1993, 1994, 1995 y 1996 (mostradas en la Figura 2.5), se calculó la curva media y su intervalo de confianza del 95%, sumando y restando dos desviaciones estándar, para comparar este resultado con la curva de valores promedio de ese porcentaje horario de flujo obtenido en 1997.

El ancho de banda de dos desviaciones estándar se consideró adecuado, ya que en principio, los valores promedio se distribuyen normalmente. La Figura 2.17 muestra la banda de confianza y la curva de porcentajes horarios promedio de 1997 prácticamente contenida dentro de esta banda de confianza.

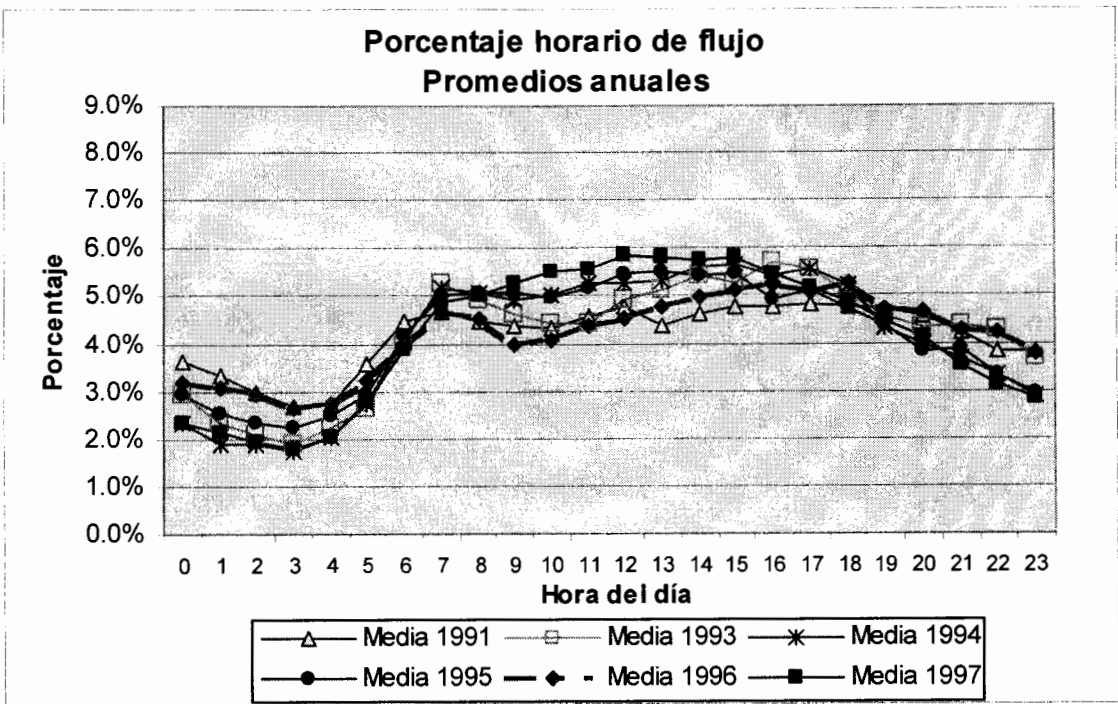


Figura 2.16. Porcentaje horario de los flujos. 1991 a 1997

Finalmente, la tabla 2.12 nos muestra una matriz de correlaciones en donde se puede apreciar que el conjunto de las estaciones de encuesta instaladas durante 1997 tuvo una correlación alta con respecto a los otros años de encuesta, ya que el menor coeficiente de correlación fue de 0.871 (contra 1996) y el mayor fue de 0.990 (contra 1995).

Tabla 2.12. Correlación entre distribuciones horarias para años 1991-1997

	1991	1993	1994	1995	1996	1997
1991	---					
1993	0.944	---				
1994	0.931	0.956	---			
1995	0.905	0.927	0.986	---		
1996	0.937	0.965	0.916	0.867	---	
1997	0.900	0.918	0.983	0.990	0.871	---

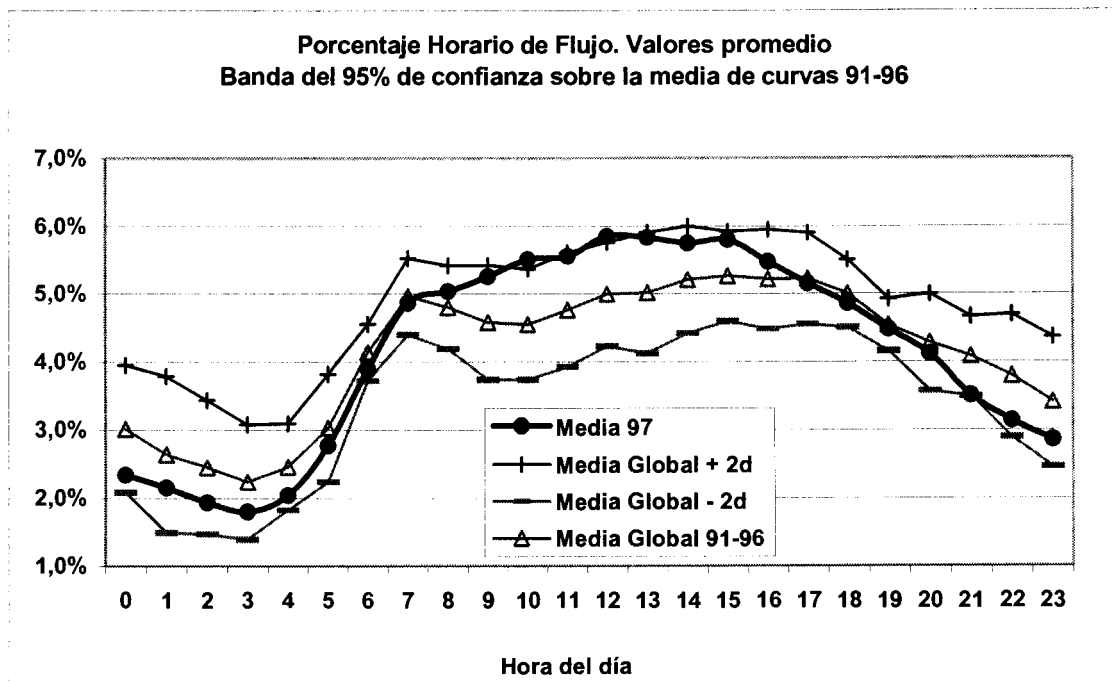


Figura 2.17. Banda del 95% de confianza sobre la media de curvas 91-96.

2.4.3 Comparaciones de mediciones repetidas en mes, en carretera y en día de la semana.

Prosiguiendo el análisis, los porcentajes horarios de aforos del periodo 1991-1996 se compararon con los de 1997 en los casos en que coincidieron el mes de encuesta (septiembre, octubre y noviembre) y la carretera; adicionalmente se compararon los porcentajes horarios de aforos de los días de la semana en que se levantaron las encuestas para los dos grupos de datos.

En la Figura 2.18 se ven los porcentajes horarios de flujo para los meses de septiembre y octubre en los dos grupos de datos. Las barras muestran los porcentajes horarios de flujo de mediciones hechas en septiembre y las líneas muestran los correspondientes a octubre. Puede notarse que el comportamiento del porcentaje horario de aforo en septiembre y octubre de 1997 es muy semejante al de los correspondientes meses del periodo 1991-1996.

En el caso del mes de noviembre, la comparación con las mediciones en 1997 mostró menos semejanza en las curvas. En la Figura 2.19 se nota un descenso más marcado

del porcentaje horario de flujo para 1997 que para el periodo 1991-1996, ya que empieza a caer por abajo del 4% a las 19:00 horas, mientras que en el otro grupo de datos este descenso inicia a las 23:00 horas.

La tabla 2.13, las correlaciones entre los meses analizados durante el período 1991-1996 y repetidos durante 1997, indican una mayor semejanza en las curvas correspondientes al mes de octubre, mientras que en el mes de noviembre, el menor valor de correlación indica una menor semejanza en las curvas, aunque la correlación en este mes aún es aceptable.

Tabla 2.13. Correlación entre distribuciones horarias para meses repetidos entre años 1991-1996 vs. 1997

Med. 1991-96	Med. 1997		
	Septiembre	Octubre	Noviembre
Septiembre	0.886		
Octubre		0.970	
Noviembre			0.782

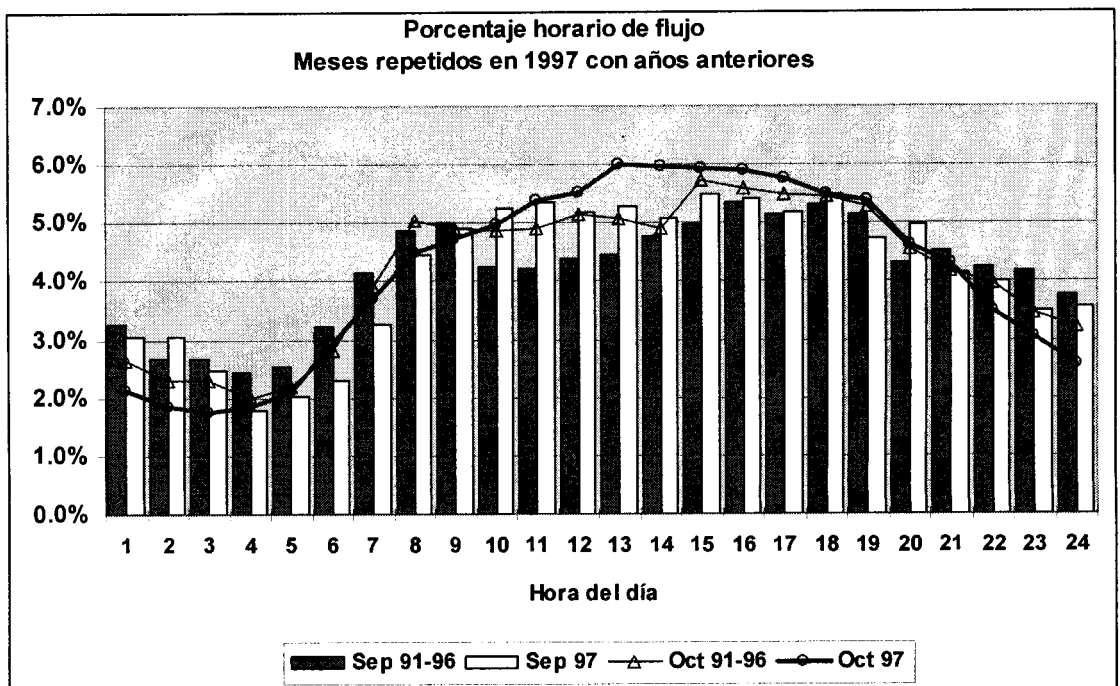


Figura 2.18. Mediciones 91-96 contra 97 para septiembre y octubre

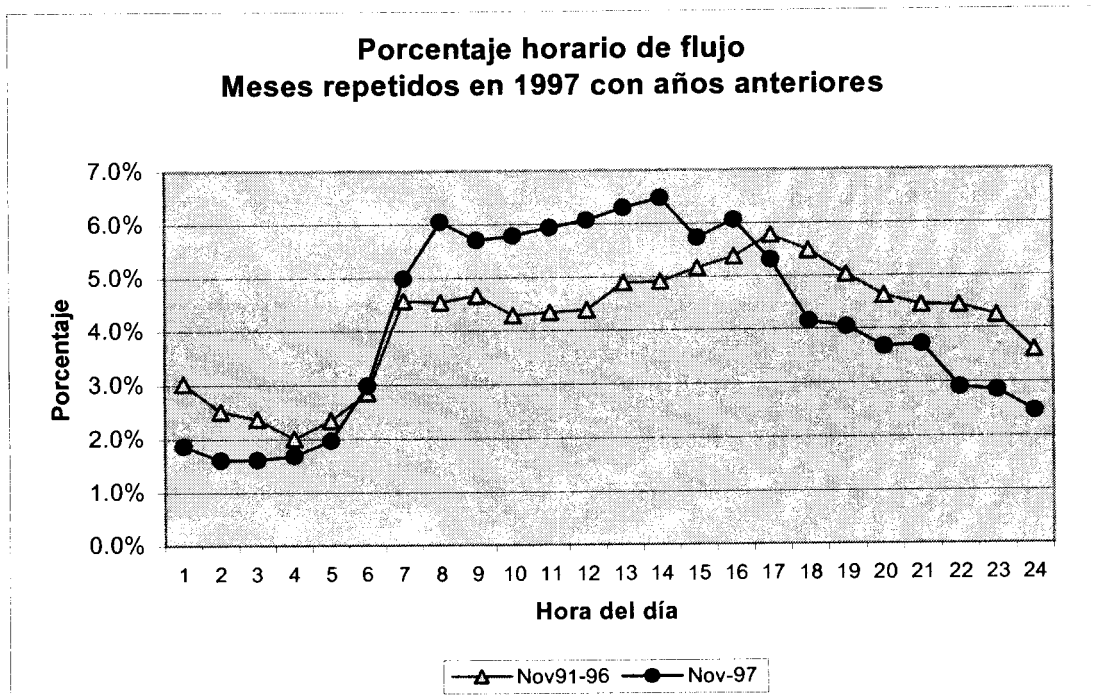


Figura 2.19. Porcentaje de flujo horario en mediciones de noviembre

En lo que se refiere a las mediciones hechas en 1997 en carreteras donde ya se habían hecho encuestas en el periodo 1991-1996, en la Tabla 2.14 se muestran las correlaciones entre las mediciones repetidas para los dos grupos de datos.

Tabla 2.14. Correlación entre distribuciones horarias para flujo en carreteras, años 1991-1996 vs. 1997

Med. 1991-96	Med. 1997			
	MEX-002	MEX-057	MEX-085	MEX-180
MEX-002	0.974			
MEX-057		0.902		
MEX-085			0.763	
MEX-180				0.859

La tabla muestra buenas correlaciones para las mediciones en las carreteras MEX-002, MEX-057 y MEX-180, y una correlación moderada para las mediciones en la MEX-

085. Esto sugiere que las carreteras que se repitieron en 1997 exhiben comportamiento del porcentaje horario del flujo semejante al de las mediciones hechas en el periodo 1991-1996.

Finalmente, se compararon los porcentajes horarios del flujo para los cuatro días en que se hicieron las mediciones, tanto para 1991-1996 como para 1997. La Figura 2.20 muestra las curvas resultantes, en las que se nota una gran semejanza de las mediciones de 1997 con las del periodo 91-96.

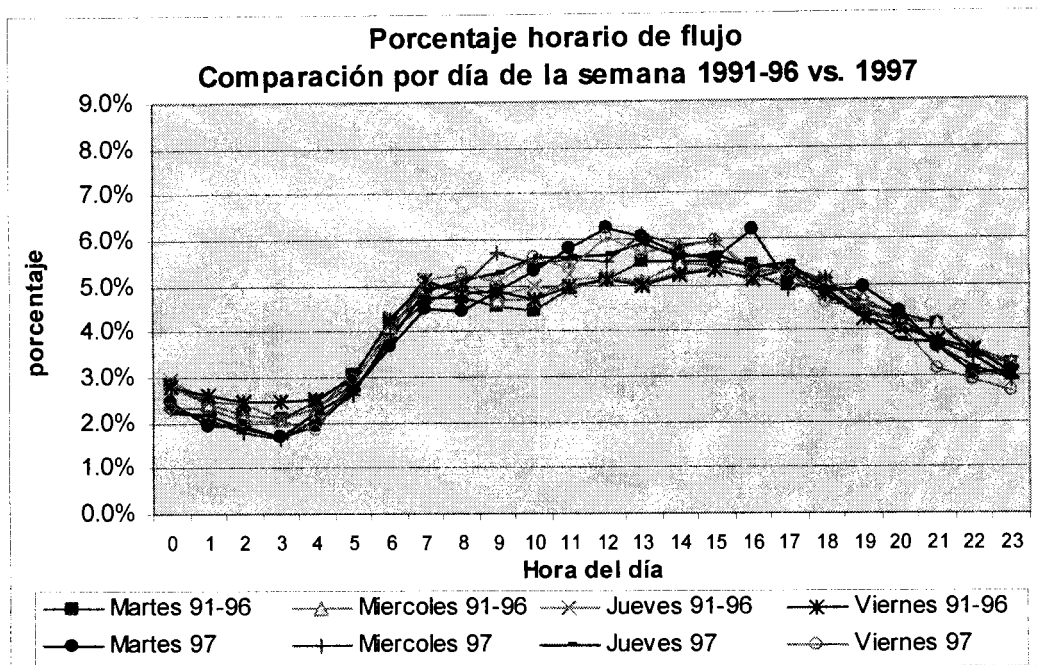


Figura 2.20. Porcentaje horario de flujo en los días de encuesta

2.5 Correlaciones en las variaciones horarias de los volúmenes de tránsito en las estaciones instaladas en 1997 por sentido de circulación.

Dentro del Instituto Mexicano del Transporte, se han realizado estudios en los que se identifican los patrones del tránsito vehicular por sentido, encontrando buenas correlaciones (González, 1996). Además de las correlaciones por año, mes, día y carretera identificadas en el periodo 1991-1996, para cada una de las estaciones instaladas en 1997 se identificaron los comportamientos horarios de los flujos vehiculares por sentido. En la tabla 2.15 se muestran los resultados en cada una de las estaciones.

Tabla 2.15. Correlaciones en los flujos horarios por sentido

Estación	Correlación por sentido
Tepotzotlan	-0,5293
San Francisco	-0,2874
Morelos	0,1414
Los charcos	0,2926
Zumpango	0,3109
Imuris	0,4378
San Marcos	0,5392
Buenavista	0,5683
Sto. Tomas	0,6053
El llano	0,6161
Anzalduas	0,6425
Casa blanca	0,7069
San Ignacio	0,7428
Centenario	0,7452
La ventosa	0,8311
Los angeles	0,8725
Monterrey	0,9005
Pemex	0,9366
Michoacan	0,9566
Teya	0,9779

En esta tabla se puede observar una gran variedad en las correlaciones para las distintas estaciones. En la mitad de ellas se tienen correlaciones aceptables mayores de 0.7, mientras que en el resto las correlaciones obtenidas son de menos de esta cantidad. En las estaciones con baja correlación por sentido se puede esperar un desfase en las horas en los sentidos de circulación.

2.6 Valores esperados para datos de 1998

Los datos usados en los análisis anteriores mostraron una primera descripción del comportamiento de los aforos observados en las estaciones de encuesta del estudio de campo del autotransporte nacional. Siguiendo la propuesta metodológica del Análisis Exploratorio de Datos, la totalidad de datos disponibles desde 1991 hasta 1997 inclusive pueden dar una idea del perfil que presentarán los datos que se obtengan en las encuestas de 1998. Los aspectos básicos que se pueden prever son los relativos a aforo promedio diario y

aforos horarios máximo y mínimo. En la tabla 2.16 se resume la información de los aforos promedio diarios observados en el periodo 1991-1997.

Tabla 2.16. Aforo Promedio Diario. 1991-1997

Intervalo de Aforo	Número de Estaciones	Acumulado de estaciones	Porcentaje	Porcentaje acumulado
0 - 500	17	17	18.5%	18.5%
500 - 1000	15	32	16.3%	34.8%
1000 - 1500	24	56	26.1%	60.9%
1500 - 2000	12	68	13.0%	73.9%
2000 - 2500	5	73	5.4%	79.3%
2500 - 3000	8	81	8.7%	88.0%
3000 - 3500	6	87	6.5%	94.6%
3500 - 4000	3	90	3.3%	97.8%
4000 - 4500	0	90	0.0%	97.8%
4500 - 5000	0	90	0.0%	97.8%
5000 - 5500	2	92	2.2%	100.0%
5500 - 6000	0	92	0.0%	100.0%
6000 - 6500	0	92	0.0%	100.0%

En esta tabla se observa que aproximadamente en el 95% de las estaciones de encuesta se tuvieron aforos promedio diarios de hasta 3500 vehículos, y que el intervalo de observaciones más común es el de 1000 a 1500 vehículos.

Para los aforos horarios máximos observados entre 1991 y 1997, la tabla 2.10 muestra la distribución de frecuencias de las mediciones efectuadas. En esta tabla se observa que aproximadamente en el 95% de estaciones de encuesta se tuvieron aforos horarios máximos de hasta 200 vehículos, siendo el intervalo de observaciones más común el de 51 a 100 vehículos. Cabe hacer notar que tanto en la Tabla 2.16 como en la Tabla 2.17, el total de estaciones clasificadas suma 92, y no las 94 que integran la totalidad de la muestra 1991-1997. Esto se debe a que las observaciones correspondientes a la estación de

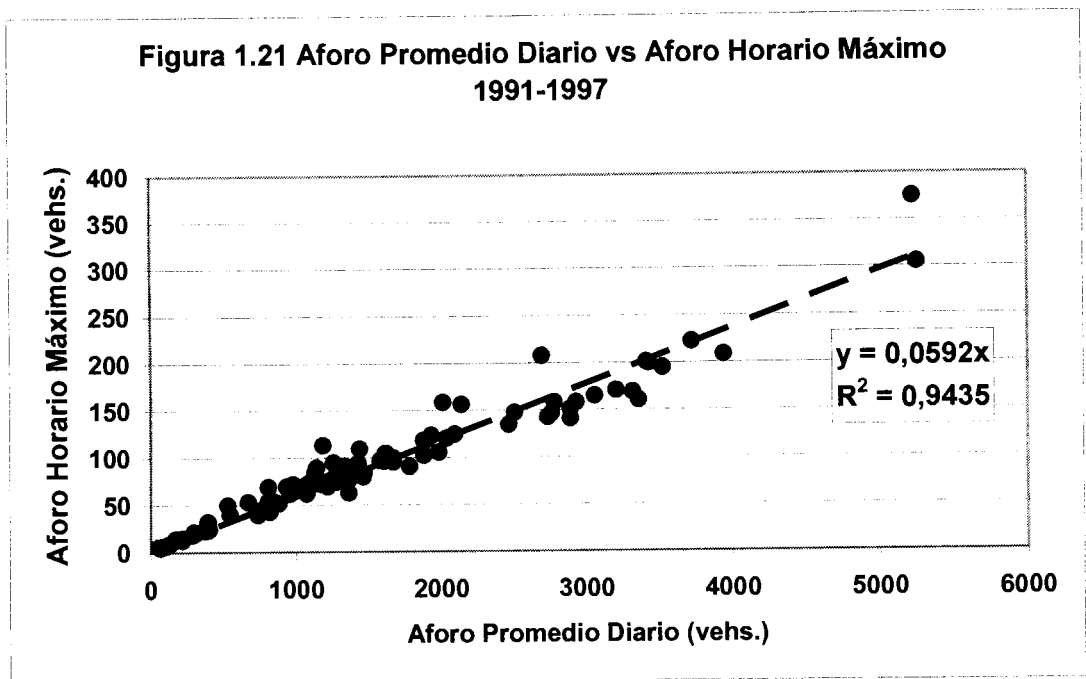
Tepozotlán (estación # 5 en 1991 y estación #98 en 1997) no se incluyeron dado el comportamiento distinto de dicha estación en comparación con el resto de la muestra.

Estas dos tablas, si bien no dan un pronóstico preciso de los datos para 1998, proporcionan un perfil esperado de distribución de los valores que pueden resultar para 1998, enfatizando en especial los rangos de observación de aforos vehiculares para aproximadamente el 95% de las estaciones que se encuentren en 1998.

Tabla 2.17 Aforos horarios máximos. 1991-1997

Intervalo de Aforo	Número de estaciones	Acumulado de estaciones	Porcentaje	Porcentaje acumulado
0 a 50	23	23	25.0	25.0
51 a 100	37	60	40.2	65.2
101 a 150	15	75	16.3	81.5
151 a 200	11	86	12.0	93.5
201 a 250	4	90	4.3	97.8
251 a 300	0	90	0.0	97.8
301 a 350	1	91	1.1	98.9
351 a 400	1	92	1.1	100.0
y mayor...	0	92	0.0	100.0

Finalmente, para la relación encontrada entre el aforo promedio diario en las estaciones y su correspondiente aforo horario máximo, se repitió el ejercicio de regresión para los datos 1991-1997, exceptuando los datos de Tepozotlán. La Figura 2.21 muestra la recta de regresión y su ecuación asociada, con un valor de R^2 indicando un buen ajuste.



Como se ve en la Figura 2.21, la ecuación de regresión no es idéntica a la obtenida en la Figura 2.4, pues en la primera la pendiente de la recta es 0.0592, mientras que en la de la Figura 2.4 la pendiente resultó 0.0577. Esto ocurre porque los conjuntos de datos en ambas figuras son distintos, y plantea la cuestión de *estimar* la pendiente de la recta. Con la misma rutina de regresión² usada para encontrar la recta de la Figura 2.21, se obtuvo un intervalo del 95% de confianza para el valor de dicha pendiente, con el resultado siguiente:

En la tabla 2.18 “Estadísticas de la regresión” se detallan los coeficientes de correlación. El valor de R igual a 0.9713 indica una buena correlación lineal entre el aforo promedio diario y el aforo horario máximo. El valor de R² igual a 0.9435 indica que el 94.35% de la variación presente en los datos observados de aforos horarios máximos se explica por el modelo lineal, de modo que se tiene un modelo razonablemente bueno para relacionar las variables.

² Estos cálculos se hicieron con la opción Herramientas/Análisis de Datos/Regresión disponibles en Excel

Tabla 2.18 Estadísticas de la regresión para valores estimados en 1998						
Coeficiente de correlación múltiple					0.9713	
Coeficiente de determinación R ²					0.9435	
R ² ajustado					0.9325	
Error típico					15.6489	
Observaciones					92	
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	0	---	---	---	---	---
Variable X 1	0.0592	0.0009	69.1469	0.0000	0.0575	0.0609

En el cuadro inferior aparece el coeficiente de la “Variable X1” que es la pendiente de la recta, y al final se muestra su intervalo de estima del 95% de confianza: [0.0575, 0.0609]. *Este intervalo es el predictor* del valor de pendiente de la recta que relaciona aforo promedio diario con aforo horario máximo para los datos que se obtengan en 1998. Finalmente, el “Estadístico t” del último cuadro hace referencia a la *prueba de significación* del modelo propuesto. Esta prueba considera como hipótesis nula (H_0) que la pendiente de la recta es cero, previendo que la relación lineal resultante fuese resultado de una mera casualidad. El valor de la prueba de significación usa la distribución t de Student, y da como resultado 69.149, que tiene una probabilidad de ocurrencia de 0.0000 (ajustado a cuatro cifras decimales, pues el valor reportado por la rutina fue 1.86091294 E-80) valor bastante menor que el 5% de confianza implícito en la prueba. Lo anterior indica que la hipótesis de pendiente nula de la recta no es sostenible, y que el aforo promedio diario realmente da información para pronosticar el correspondiente aforo horario máximo.

El siguiente paso para continuar con los análisis sería comparar los resultados del periodo 1991-1997 con los datos de 1998, para afinar las conclusiones obtenidas en esta primera etapa.

III. CARACTERÍSTICAS REGIONALES DE LOS FLUJOS VEHICULARES

Para esta sección, fueron usados los datos de las 94 estaciones correspondientes a los períodos de encuesta 1991-1997 para crear una base de datos que pudiera ser analizada dentro de un sistema de información geográfica.

Las variables de tránsito incluidas en el análisis para cada estación georeferenciada fueron: el tránsito diario promedio anual (TDPA), la proporción de las cinco configuraciones de vehículos de carga más comunes, el tipo de permiso de los vehículos de carga (servicio privado o servicio público) y el tipo de administración de la carretera en la que se situó la estación de encuesta (libre o de cuota), entre otras variables.

3.1 Volúmenes de tránsito de carga

Los volúmenes observados de tránsito diario promedio anual (TDPA) variaron desde 58 hasta 12261 vehículos de carga; este rango se dividió en nueve intervalos iguales de clase con una longitud de 1356 vehículos cada intervalo.

La figura 3.1 muestra que 92 de las 94 estaciones de encuesta (el 97.8 de las estaciones) tuvo valores de TDPA menores a los 5481 vehículos. Las dos estaciones restantes fueron instaladas cerca de la caseta de cobro de Tepotzotlán en 1991 (TDPA = 6376) y en 1997 (TDPA = 12261)

Ambas estaciones están localizadas en la salida común de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) hacia las principales carreteras que llegan a la frontera con los Estados Unidos (Nuevo Laredo, Tamaulipas) así como a regiones en el interior del país con gran importancia económica, como son: el Bajío, Guadalajara y Monterrey.¹

¹ La diferencia entre los volúmenes de tránsito de las dos estaciones de encuesta localizadas en Tepotzotlán pueden deberse a la evolución de los tráficos de carga sufrida entre estos dos años, considerando el efecto del TLCAN, el cual empezó en 1994. Aunque también podría verse influenciada por factores estacionales, ya que la primera estación fue instalada en el mes de junio mientras que la segunda estación fue instalada en el mes de noviembre.

La figura 3.1 muestra además que en otras estaciones de encuesta localizadas en los alrededores de la ZMCM tuvieron también volúmenes de tránsito considerables.

Otro aspecto interesante es el correspondiente al trazo de un tercer grupo de volúmenes de tránsito, correspondiente a corredores con un rango de TDPA de alrededor de 3500 vehículos de carga. Los corredores en los que se localizaron estas estaciones unen a la ZMCM² con algunas de las ciudades con mayor importancia económica en el País (Nuevo Laredo, Guadalajara, Monterrey, Puebla y Veracruz).

En la figura 3.1 puede observarse un cuarto grupo con estaciones de encuesta localizadas cerca de ciudades en el interior, en la frontera norte o en puertos del País como: Oaxaca, Torreón, Tijuana, Tampico Mazatlán y Manzanillo. Estas ciudades tienen una actividad económica y demográfica menor a la presentada en las ciudades en grupos anteriores. La misma figura muestra que las estaciones de encuesta que presentan los menores TDPA están en regiones menos habitadas como Baja California, Chihuahua y Guerrero.

Los patrones de TDPA de carga en las estaciones de encuesta pueden explicarse por la importancia económica y demográfica de las ciudades cercanas a las estaciones. De tal manera que los mayores volúmenes de tránsito se encuentran en los alrededores de la ZMCM y van disminuyendo conforme las estaciones se sitúan cerca de ciudades con menor población.

3.2 Participación de transporte de carga privado y público en el Tránsito Diario Promedio Anual.

La clasificación de vehículos de carga se basó en las matrículas de los vehículos de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SCT-2-1994, la cual establece los caracteres alfa-numéricos para cada vehículo de motor y remolque de acuerdo con el uso que se le vaya a dar.

² La Zona Metropolitana de la Ciudad de México tiene una población de más de 18 millones de habitantes.

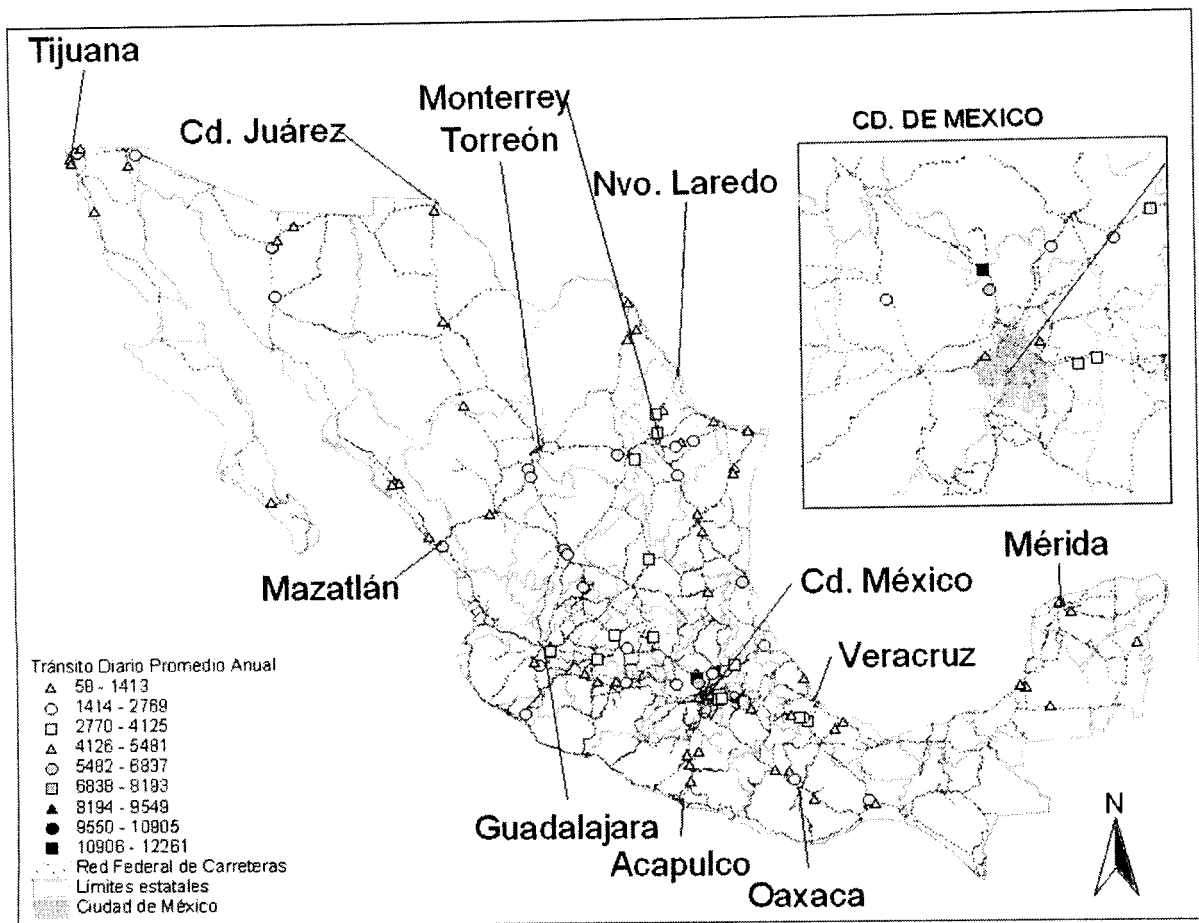


Figura 3.1 Tránsito diario promedio anual de vehículos de carga en las estaciones de encuesta

La figura 3.2 muestra que en el Sureste, el Bajío y el Occidente del País el tránsito de camiones muestra una tendencia hacia el uso de vehículos privados. Caso contrario es el que se muestra sobre los corredores que unen la ZMCM con el Norte de México, en donde prevalece el tránsito de vehículos de servicio público.

Vehículos no clasificados por tipo de permiso.

En las estaciones de encuesta se encontraron algunos vehículos que no pudieron ser clasificados por tipo de permiso. Esta situación pudo deberse a la falta de placas vehiculares, la captura incorrecta de sus caracteres o al uso de vehículos con placas extranjeras, principalmente estadounidenses.

El 60% de las estaciones presentaron una proporción de vehículos que no pudieron ser clasificados inferior al 10%, mientras que el 97% de las estaciones presentaron una proporción menor al 21% de vehículos sin clasificar.

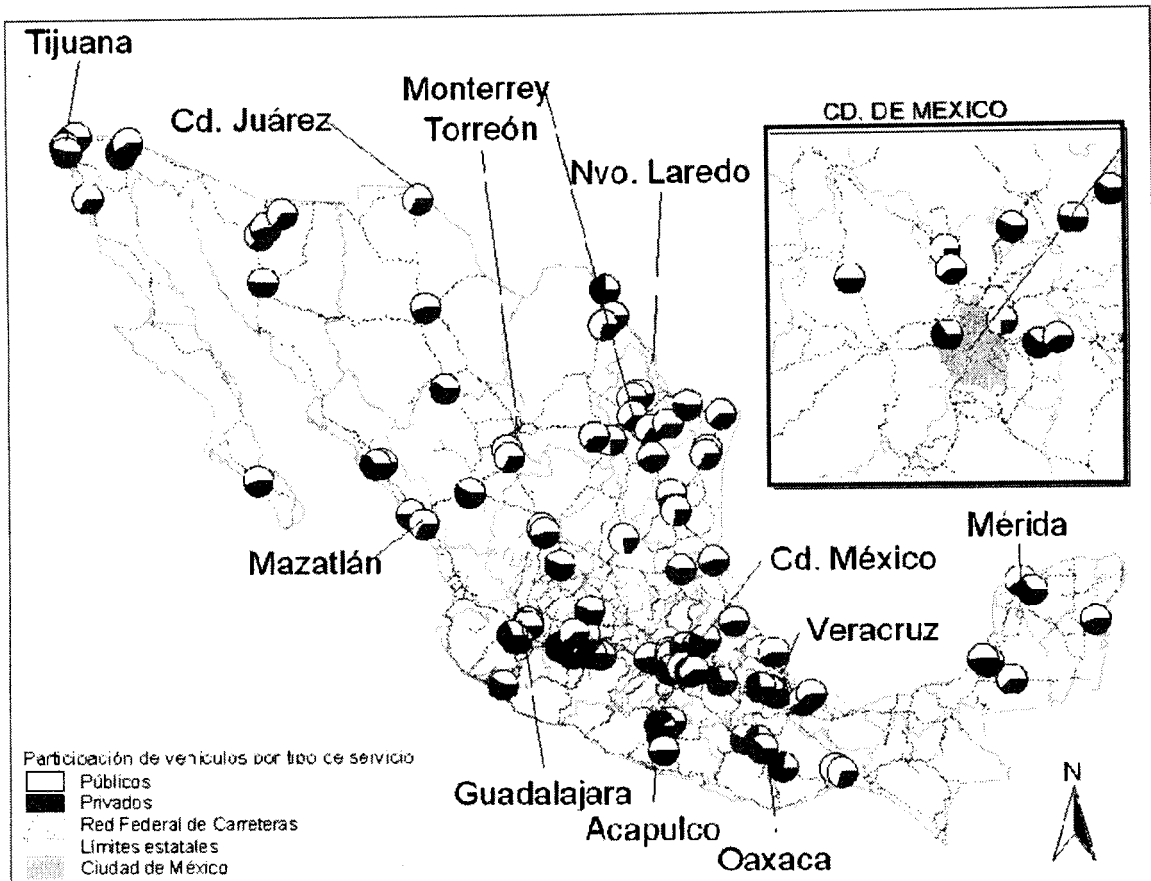


Figura 3.2 Participación de vehículos de carga en las estaciones de encuesta por tipo de servicio.

En el mapa de vehículos no clasificados por tipo de permiso mostrado en la figura 3.3, es posible observar que el restante 3% de las estaciones (las cuales tuvieron más del 21% de vehículos sin clasificar) corresponde a tres estaciones que pueden considerarse como casos aislados. El primer caso fue en Durango, con un rango de volumen de vehículos sin clasificar entre 21% y 30%, mientras que los dos casos restantes estuvieron cerca de Tijuana, las cuales tuvieron un rango entre 41% y 57% de vehículos sin clasificar respecto al total de los vehículos de carga encuestados.

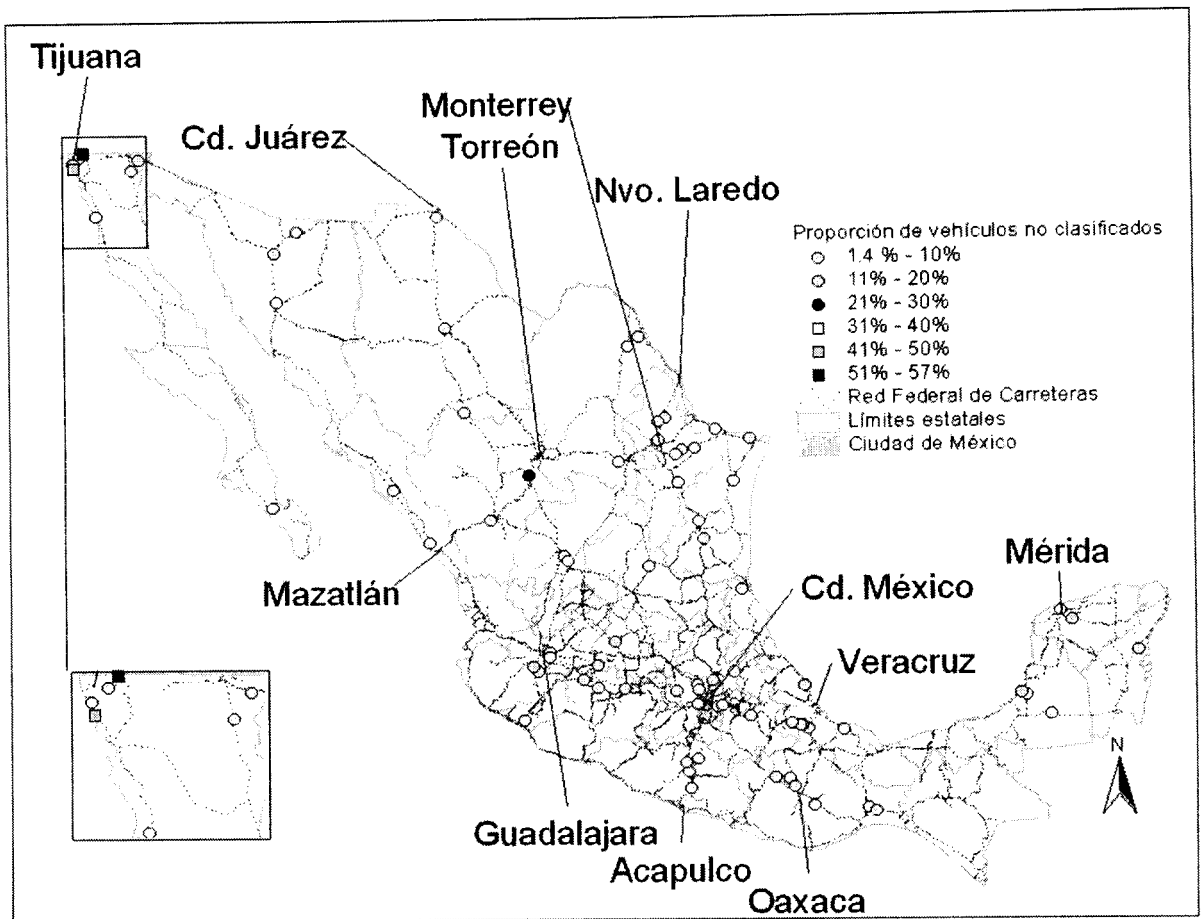


Figura 3.3 Proporción de vehículos de carga no clasificados por tipo de servicio en las estaciones de encuesta.

Entre las razones para la presencia de valores altos de vehículos sin clasificar se encuentra la presencia significativa de vehículos con matrículas estadounidenses en la zona de la frontera norte mexicana, en donde la libre circulación de vehículos norteamericanos es permitida en una base temporal. La población y las compañías en la frontera norte toman ventaja de esta situación para comprar camiones ligeros a precios bajos.

Adicionalmente a esta razón, Tijuana es una de las ciudades en la frontera norte mexicana con el mayor número de plantas maquiladoras, las cuales transportan hacia y desde sus instalaciones un gran número de embarques desde y hacia Estados Unidos. Esta actividad es probablemente realizada por vehículos matriculados en los Estados Unidos.

Otras razones pueden ser el uso común de vehículos estadounidenses para el transporte internacional de carga entre los dos países y el que el gobierno federal haya permitido temporalmente importar camiones ligeros para actividades agrícolas.

3.3 Distribución geográfica de las configuraciones vehiculares más frecuentes por tipo de servicio.

En las estaciones de encuesta se encontró que son cinco las configuraciones vehiculares más frecuentes en la red de carreteras federales: C2, C3, T3S2, T3S3, y T3S2R4.

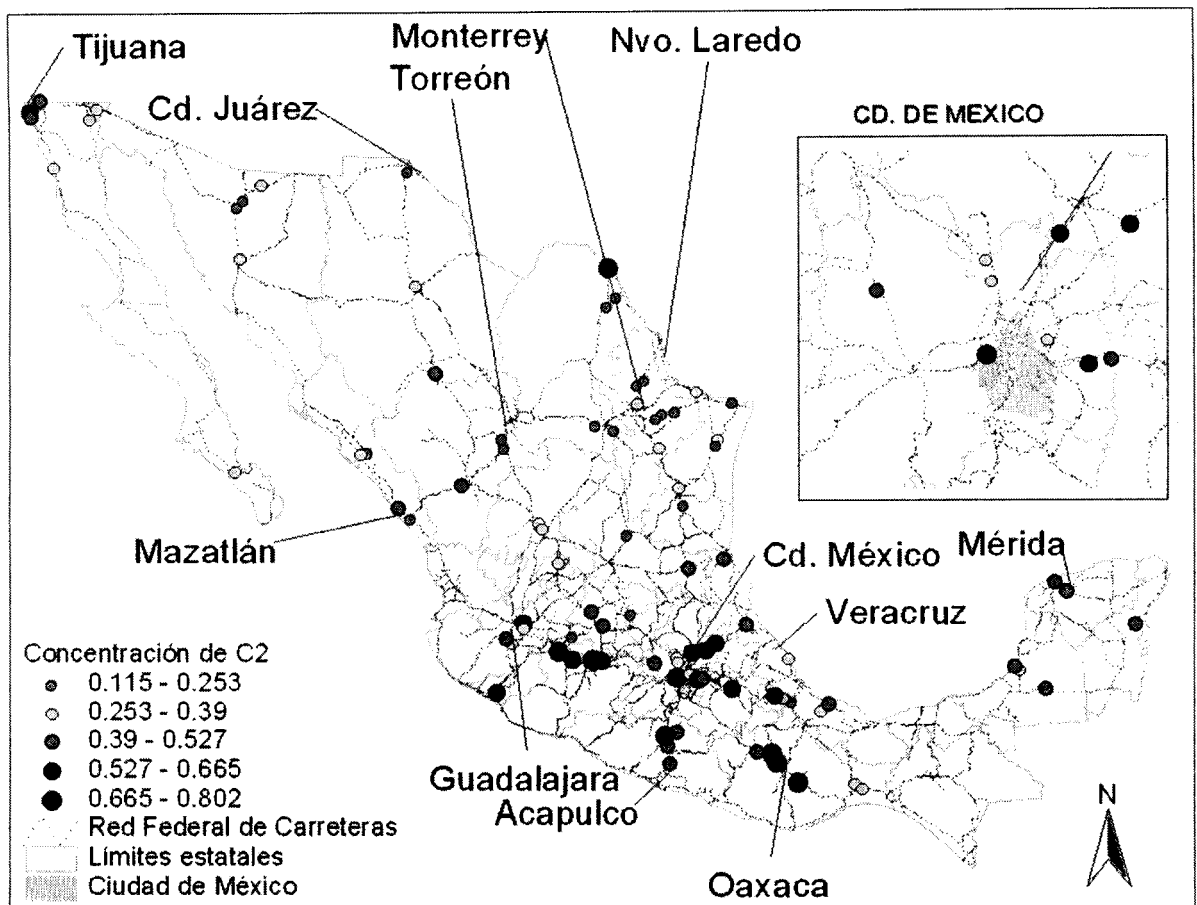


Figura 3.4 Participación de los vehículos C2 con respecto al total de vehículos de carga.

- C2 (camiones de dos ejes). Esta configuración vehicular incluye desde camiones ligeros (pick-ups) hasta camiones para 17.5 toneladas de peso bruto vehicular (PBV), tiene una participación que varía entre 11.5% y 80% con respecto al total de vehículos

encuestados en cada estación. La figura 3.4 muestra que la participación de los C2 es mayor en rutas cortas que en rutas largas. Los valores más altos de participación se encontraron en los alrededores de la ZMCM a excepción de las estaciones situadas en la autopista a Querétaro, la cual es la entrada común a los corredores que unen la ZMCM con el Norte y Occidente del País. Siguiendo a los alrededores de la ciudad de México, la mayor participación de esta configuración vehicular se encontró a lo largo del Golfo de México y en la Península de Yucatán. Por otra parte, las estaciones con menor participación de esta configuración se encontraron en el Norte y Noreste del País.

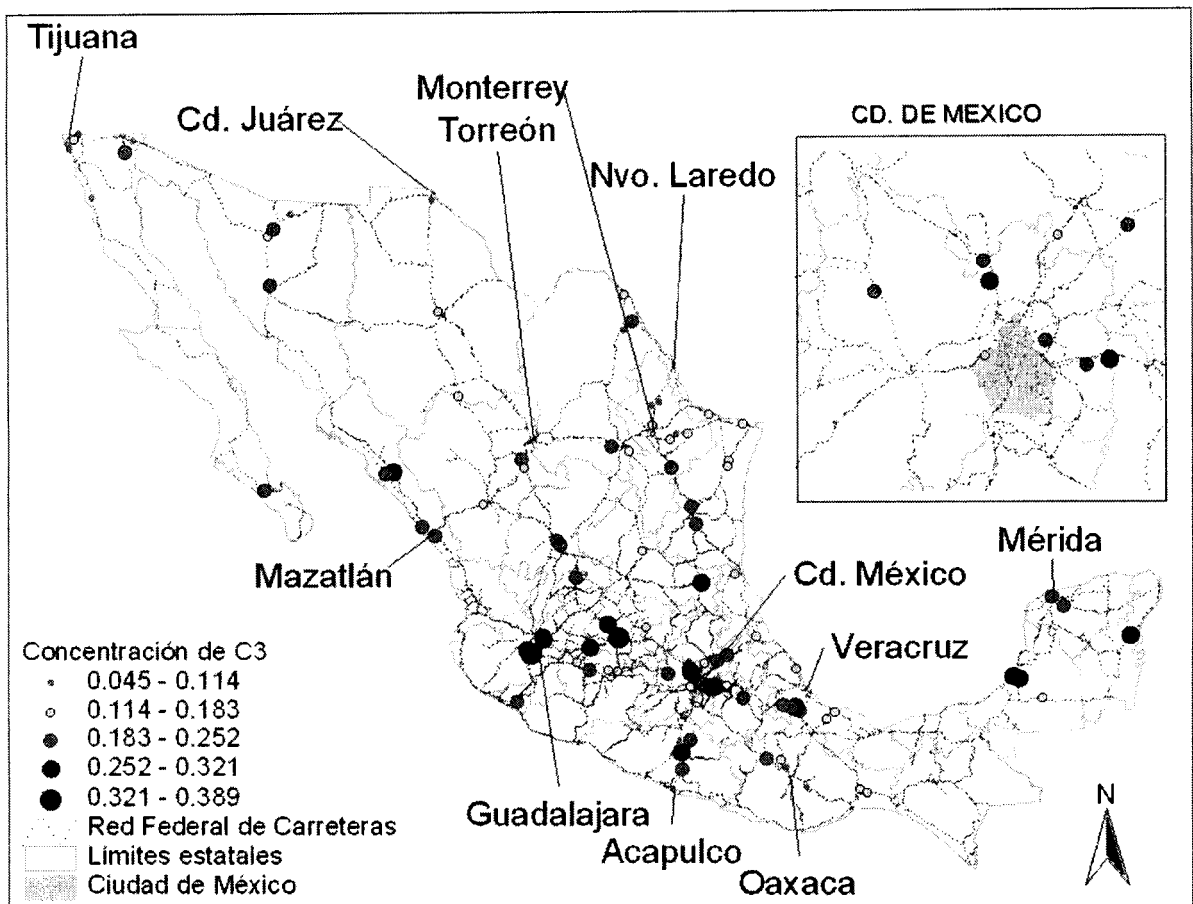


Figura 3.5 Participación de los vehículos C3 con respecto al total de vehículos de carga.

- C3 (camiones de tres ejes). Esta configuración tuvo una participación entre 5% y 40%, sin embargo, en la mayoría de las estaciones de encuesta su participación varió entre 11% y 25%. Las estaciones con mayor participación de este tipo de vehículo se encontraron en el Bajío y en el Occidente del País, mientras que las estaciones con

menor participación se encontraron en la frontera norte, principalmente en el Noroeste. La figura 3.5 muestra la participación de esta configuración en las estaciones de encuesta.

- T3S2 (tractor de tres ejes con semi-remolque de dos ejes). Esta configuración varía en su participación porcentual en las estaciones de encuesta entre 3% y 74%, aunque en casi todo el País su participación está entre 17% y 32%, en el Norte del País se alcanzaron valores de hasta 45% mientras que las estaciones con mayor participación de esta configuración se encontraron en el Noreste, particularmente entre Saltillo y Nuevo Laredo (ver figura 3.6).

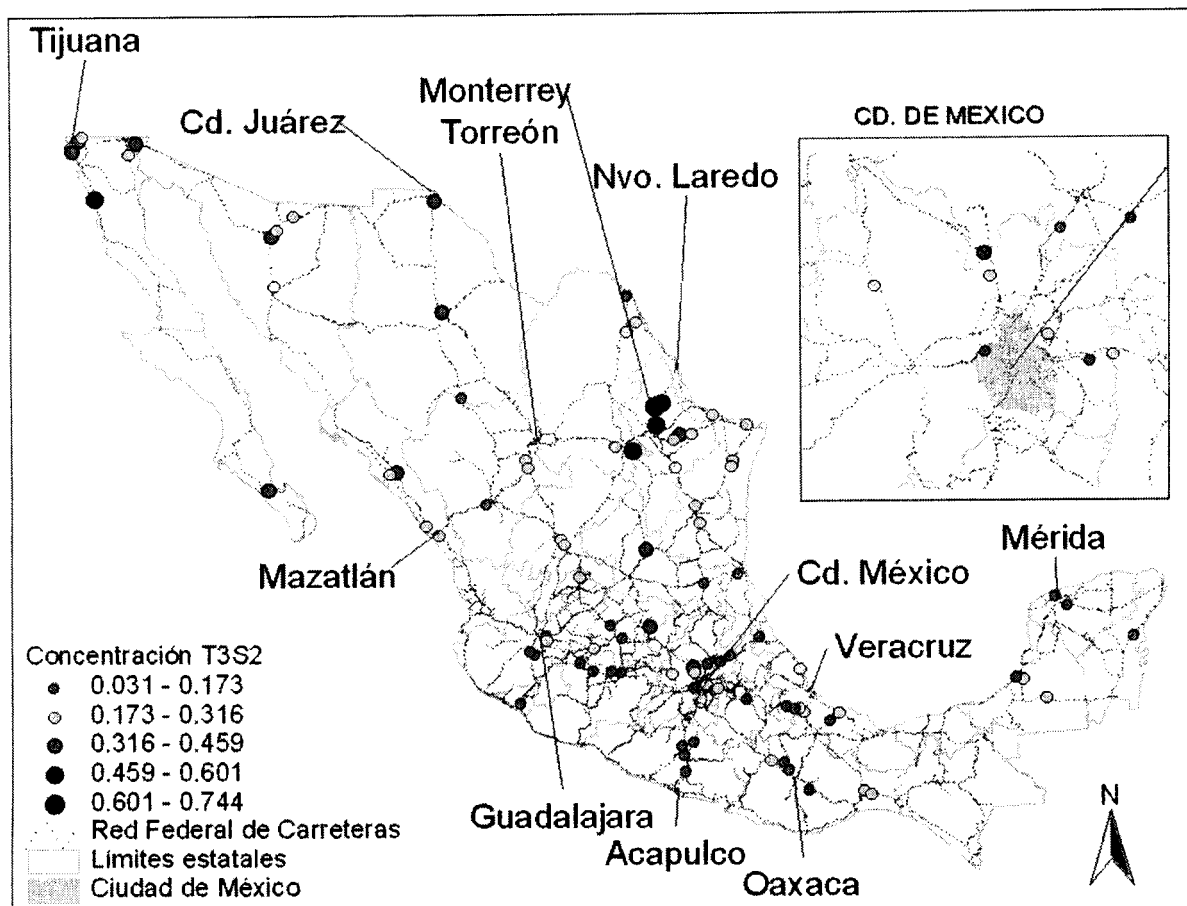


Figura 3.6 Participación de los vehículos T3S2 con respecto al total de vehículos de carga.

- T3S3 (tractor de tres ejes con semi-remolque de tres ejes). Su participación varía entre 0 y 42% (ver figura 3.7). En el Bajío y en el Sur del País así como en las carreteras que

unen Durango con CD. Juárez y a la Ciudad de México con Tampico, se tuvo una participación menor al 17%. En el Pacífico, Península de Yucatán y en el Istmo de Tehuantepec alcanza una participación de hasta el 25% mientras que las estaciones en que esta configuración se encontró en mayor proporción se encontraron en la zona del Noreste del País.

- T3S2R4 (tractor de tres ejes con semi-remolque de dos ejes y remolque de cuatro ejes). Este tipo de vehículo tuvo una participación entre 0 y 11% aunque en la mayoría de las estaciones fue menor al 5%. Como se puede ver en el mapa de la figura 3.8, los menores valores de participación se tuvieron en el occidente del País y en el estado de Oaxaca. Por otro lado, se encontraron casos aislados con valores superiores al 5% en carreteras de cuota como Monterrey – Reynosa y Cuernavaca – Acapulco. Sin embargo, en ambos casos esta situación pudo deberse a los valores de TDPA tan bajos que se registraron en esas carreteras que variaron de 96 a 109 vehículos de carga.

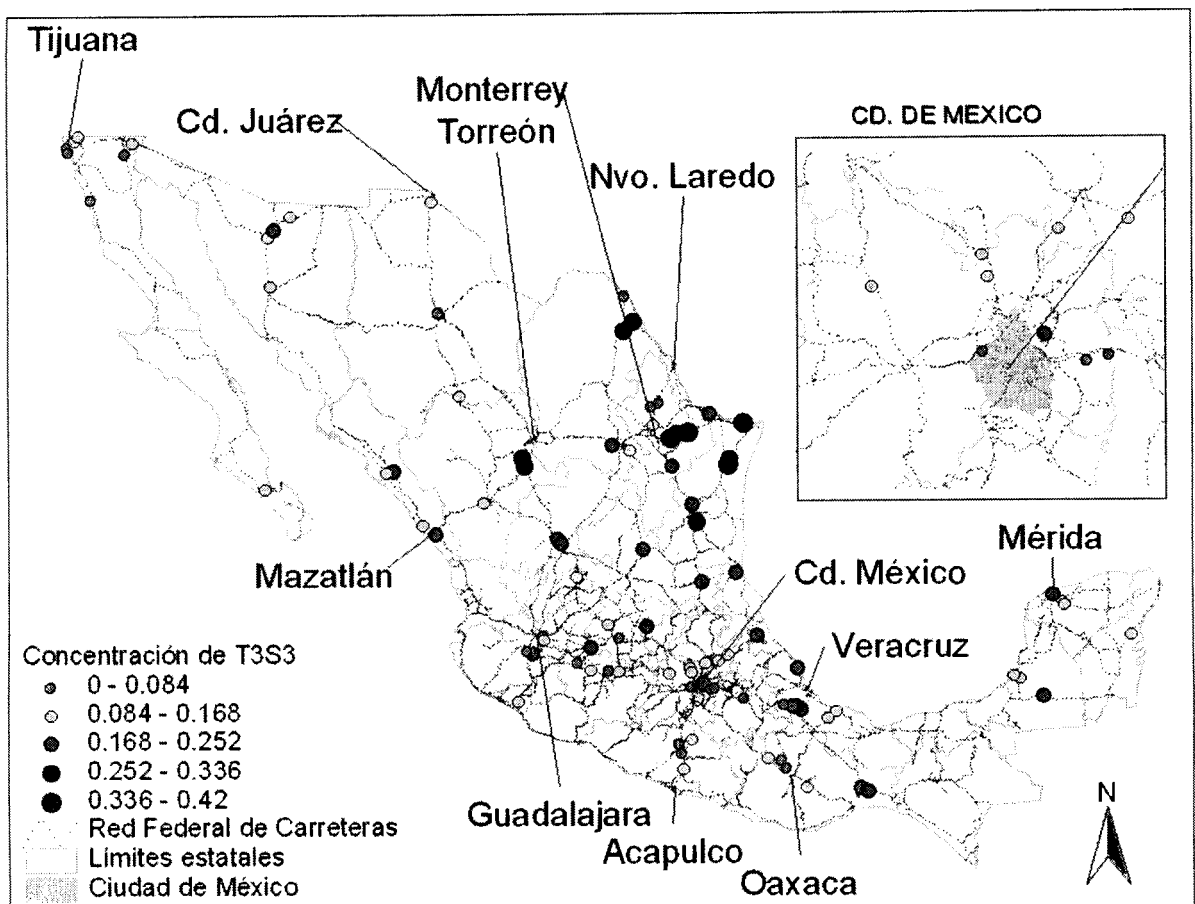


Figura 3.7 Participación de los vehículos T3S3 con respecto al total de vehículos de carga.

Los mapas de participación vehicular muestran que los vehículos con mayores dimensiones se utilizan más en rutas largas que en rutas cortas además de que se utilizan más en rutas hacia la frontera con Estados Unidos que hacia el Sur del País.

3.4 Utilización de los vehículos por tipo de servicio de acuerdo con la configuración vehicular.

En los vehículos encuestados se encontró que son utilizados en mayor medida para servicio público o para servicio privado dependiendo de la configuración vehicular.

La figura 3.9 muestra las proporciones para 1997 en que las cinco configuraciones vehiculares más frecuentes fueron utilizadas para servicio público o para servicio privado.

En el caso de los C2, para 1997 dos terceras partes de los vehículos encuestados fueron utilizados para servicio privado mientras que el resto se dedicó a servicio público.

En el caso de los C3 la situación se invierte, dos terceras partes de los vehículos encuestados fueron utilizados para el servicio público mientras que el resto se dedicó a servicio privado.

La mayor proporción de vehículos públicos contra vehículos de servicio privados se acentúa en las configuraciones de mayores dimensiones. Así se tiene que de los T3S2 más del 80%, de los T3S3 casi el 90% y de los T3S2R4 alrededor del 75% de los vehículos encuestados fueron utilizados en el servicio público.

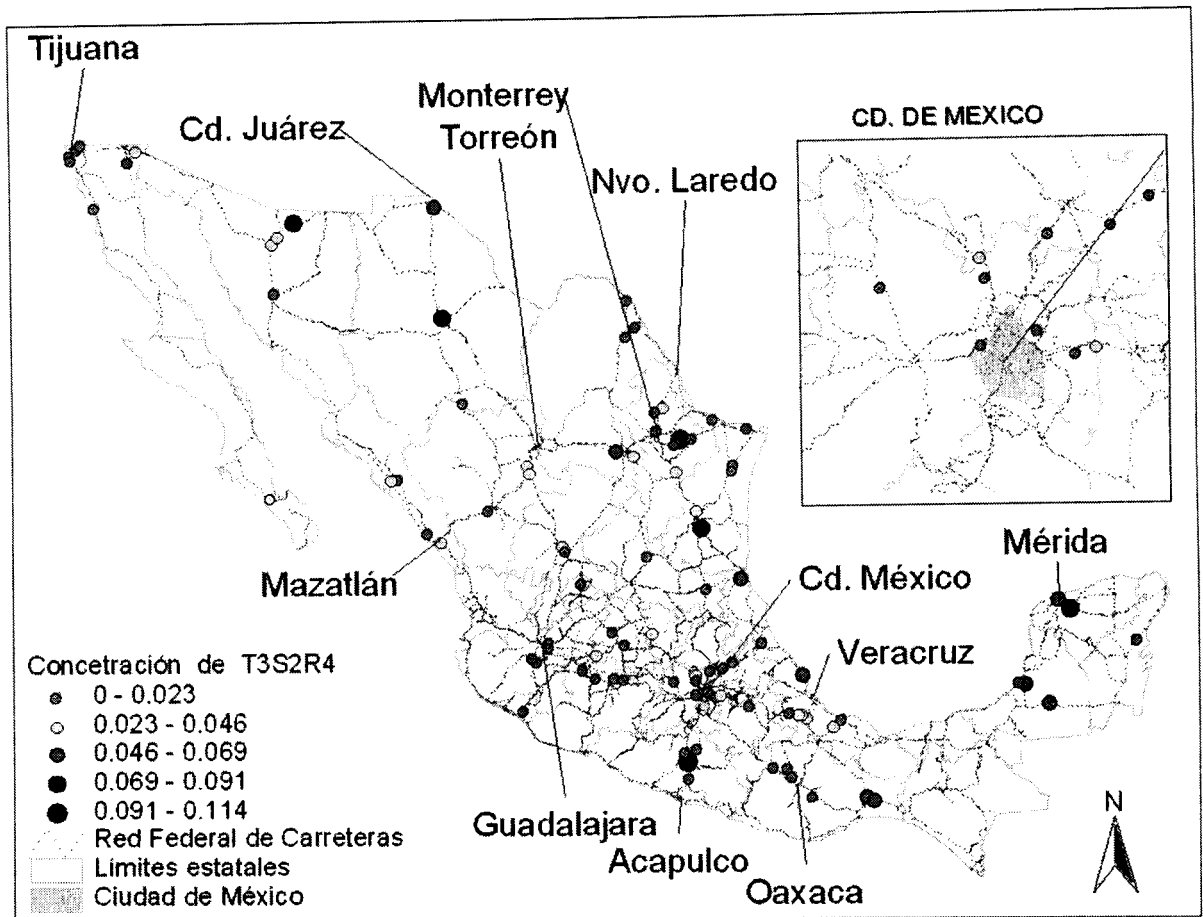
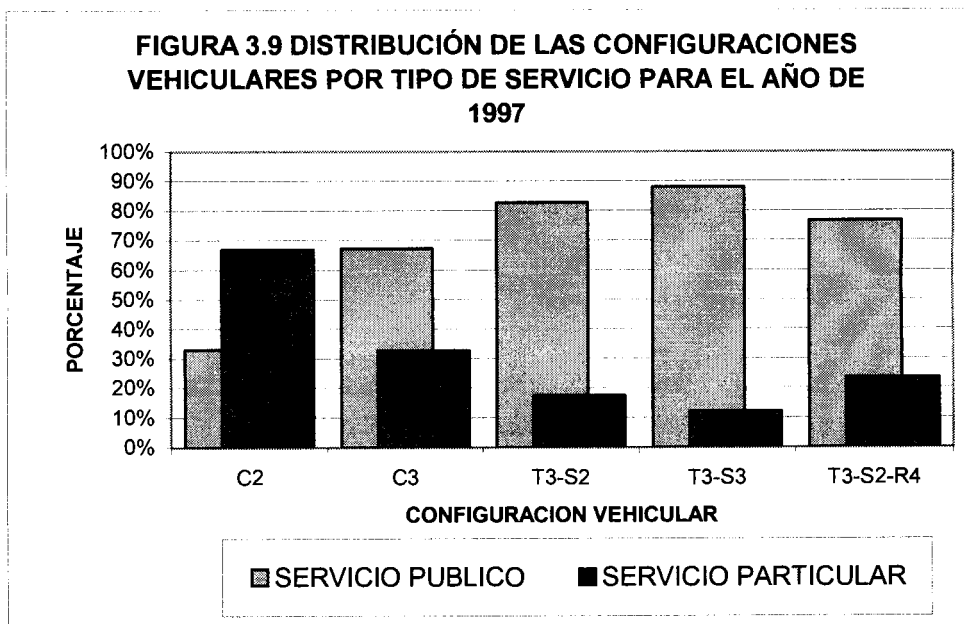


Figura 3.8 Participación de los vehículos T3S2R4 con respecto al total de vehículos de carga.



Al revisar los apartados referentes a la clasificación de vehículos por tipo de servicio y por configuración vehicular para cada estación de encuesta, así como a la participación de las distintas configuraciones vehiculares de acuerdo al tipo de servicio se puede agregar que la distribución de los vehículos puede deberse a que las empresas dedicadas al transporte de mercancías ven atractiva la ruta entre la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y las ciudades situadas en el Norte del País, particularmente en el noreste. Aunado a esto, muchas empresas productoras les resulta atraccito atender los mercados cercanos a las ciudades en las que operan con flota propia. En el Anuario de estadísticas por entidad federativa de INEGI con datos entre 1995 y 1997 (INEGI, 1999, pp 435-436) se puede observar que existe una gran cantidad de vehículos de carga registrados en los estados ubicados en el Centro y Occidente del País, situación que explica la concentración de vehículos dedicados al servicio privado en esta parte del País.

La distribución vehicular de acuerdo con las configuraciones vehiculares tiene un patrón parecido al de la distribución por tipo de servicio, da tal manera que en las estaciones en las que se tenían las mayores concentraciones de vehículos C2 y C3 corresponden con las estaciones en las que predominaban los vehículos dedicados al servicio privado, mientras que en las estaciones en las que predominaron los vehículos de configuraciones con mayores dimensiones corresponden con las estaciones en las que predominaron los vehículos dedicados al servicio público.

Lo anterior puede deberse a que para los vehículos dedicados al servicio privado, al ocuparse más en distancias de menores distancias, sus rutas puedan ser cubiertas por unidades de menores dimensiones, caso contrario al de los vehículos dedicados al servicio público, ocupados en rutas más largas que justifican el uso de unidades de mayores dimensiones.

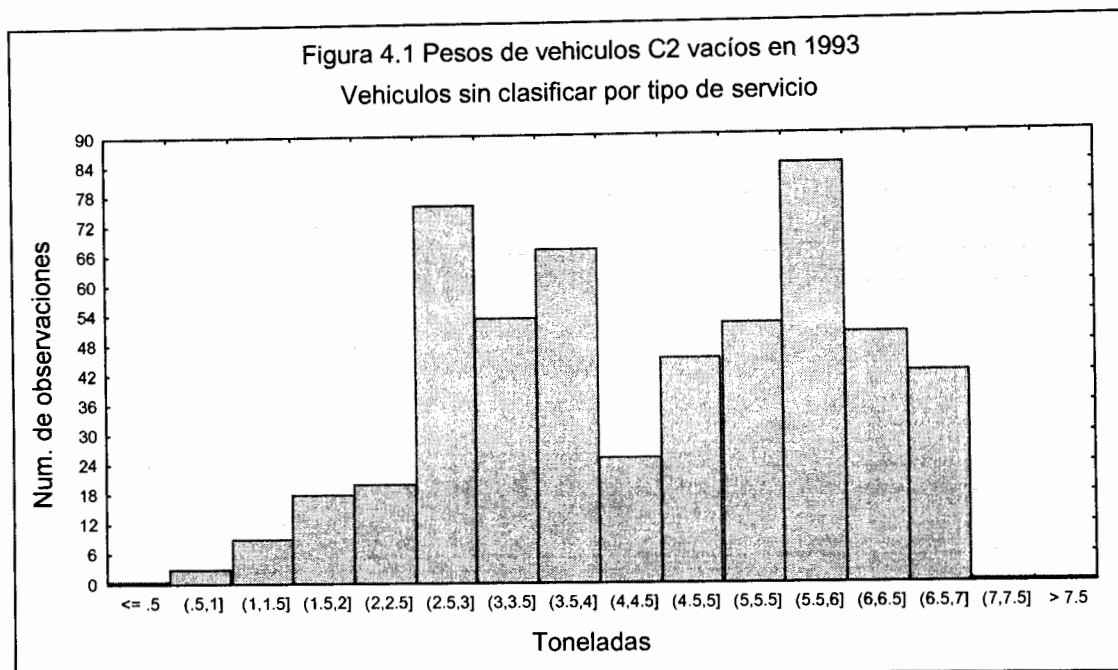
IV. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS VEHICULOS DE ACUERDO CON EL PESO BRUTO VEHICULAR

El peso bruto vehicular (PBV) consiste en el peso total del vehículo cargado, esto es, incluye la tara y el peso de la carga. En este capítulo se presenta el comportamiento que desde el punto de vista del análisis exploratorio espacial de datos se observó en las cinco configuraciones vehiculares más frecuentes dependiendo de la carretera en la que los vehículos fueron encuestados. Posteriormente se presenta el comportamiento de estos vehículos dependiendo del tipo de servicio en el que éstos son ocupados (público y particular).

4.1 Peso bruto vehicular en vehículos vacíos.

Para hacer más preciso el análisis estadístico fue necesario dividir la configuración C2 en grupos en función de la tara. Las taras de los vehículos C2 se concentraron en un rango que iba desde poco menos de una tonelada hasta alrededor de las siete toneladas.

Con base en las frecuencias de las taras de los vehículos C2 se realizaron diversos histogramas para los distintos años de encuesta y de acuerdo con el tipo de servicio en el que eran ocupados. En algunos histogramas se podían apreciar seis grupos de vehículos C2 (prácticamente cada grupo tenía un rango de una tonelada) mientras que en otros histogramas solamente se podían apreciar cuatro grupos. Para facilitar el análisis se dividió a los vehículos C2 en cuatro grupos, de los cuales pueden apreciar sus rangos, así como los de las otras cuatro configuraciones más frecuentes en la tabla 4.1



Un ejemplo de histograma en los que se pudieron observar cuatro grupos se muestra en la figura 4.1, este histograma corresponde a las taras de los vehículos C2 que no pudieron ser clasificados por tipo de servicio en 1993. En el anexo C se muestra la metodología utilizada para la clasificación de C2 en cuatro grupos así como la asignación de los C2 encuestados dentro de cada grupo.

Tabla 4.1 Taras de vehículos correspondientes a las cinco configuraciones más frecuentes. (En toneladas)

Configuración	Rango	Media	Moda	Desv. Est.	Rango 95% de confianza	
C2 Gpo 1	0.5-2.5	2.19	2.00	0.24	1.70	2.67
C2 Gpo 2	2.5-4.0	3.33	3.85	0.44	2.45	4.21
C2 Gpo 3	4.0-5.5	4.75	5.00	0.41	3.92	5.57
C2 Gpo 4	5.5-7.0	6.45	6.80	0.41	5.63	7.26
C3		8.65	8.45	2.34	3.97	13.32
T3S2		16.12	16.15	3.57	8.97	23.27
T3S3		19.00	18.43	3.04	12.91	25.09
T3S2R4		25.88	25.60	5.71	14.45	37.31

En la tabla 4.1 se puede observar que el rango de 95% de confianza está definido por un intervalo de dos veces la desviación estándar por arriba y por debajo de la media de la tara de cada configuración vehicular.

En el caso de los C2, la tabla 4.2 muestra algunos ejemplos de vehículos que caen en cada uno de los grupos en los que se dividió esta configuración.

Tabla 4.2 Ejemplos de vehículos de cada grupo de C2.

C2 Grupo 1	Ford F150, F250 (pick ups)
C2 Grupo 2	Ford F350, F450 (camiones 3 ½ toneladas)
C2 Grupo 3	FREIGHTLINER FL60, FL 70 (camiones clase 6)
C2 Grupo 4	NAVISTAR 4700 (camiones clases 7 y 8)

4.2 Proporción de vehículos cargados con respecto al total de vehículos

C2 grupo 1. En este grupo de C2 el 40% de las estaciones tiene un porcentaje de vehículos cargados entre el 50% y 75% en el caso general (tabla 4.3) y para los de servicio público y privado el porcentaje de cargados más alto también se encuentra en el mismo rango con un 41% y 33% de estaciones respectivamente. Un dato sobresaliente en este grupo es que sólo el 15% de las estaciones tienen un promedio de vehículos cargados mayor al 75%.

Tabla 4.3 Porcentaje de vehículos C2 grupo 1 cargados por estación

	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.00 \leq X < 0.25$	22	22	0.24	0.24
$0.25 \leq X < 0.50$	18	40	0.20	0.44
$0.50 \leq X < 0.75$	37	77	0.41	0.85
$0.75 \leq X \leq 1.00$	14	91	0.15	1.00

C2 grupo 2. En la tabla 4.4 se puede observar que para los vehículos C2 del grupo 2 el 53% de las estaciones tiene un promedio de vehículos cargados entre el 25% y 50%. En el caso de los vehículos de servicio privado un 56% de las estaciones tienen su promedio de

vehículos cargados en el mismo rango que en el caso general. Se observa que en los vehículos de servicio público se encontraron dos rangos; uno entre el 25% y 50% y otro entre el 50% y 75% y en ambos se tiene un 34% de las estaciones con valores en éstos. A diferencia que el grupo 1, en el grupo 2 la menor frecuencia de estaciones se encontró en el rango en el que el porcentaje de vehículos cargados es mayor al 75%.

Tabla 4.4 Porcentaje de vehículos C2 grupo 2 cargados por estación

	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.00 \leq X < 0.25$	3	3	0.03	0.03
$0.25 \leq X < 0.50$	48	51	0.53	0.56
$0.50 \leq X < 0.75$	30	81	0.33	0.89
$0.75 \leq X \leq 1.00$	10	91	0.11	1.00

C2 grupo3. En el grupo 3 en el rango de 40% y 50% de vehículos cargados el 26% de las estaciones se encuentran en él destacando que el 90% de las estaciones tienen un promedio de vehículos cargados entre 30% y 80% y solo en tres estaciones no se tenían datos (tabla 4.5). Con respecto a los vehículos de servicio público y privado considerando los mismos rangos que en el caso general son un 47% y 30% de estaciones respectivamente,

Tabla 4.5 Porcentaje de vehículos C2 grupo 3 cargados por estación

	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.10 \leq X < 0.20$	1	1	0.01	0.01
$0.20 \leq X < 0.30$	2	3	0.02	0.03
$0.30 \leq X < 0.40$	16	19	0.18	0.21
$0.40 \leq X < 0.50$	24	43	0.26	0.47
$0.50 \leq X < 0.60$	14	57	0.15	0.63
$0.60 \leq X < 0.70$	12	69	0.13	0.76
$0.70 \leq X < 0.80$	18	87	0.20	0.96
$0.80 \leq X < 0.90$	2	89	0.02	0.98

C2 grupo 4. En este grupo tanto en general como en los diferentes tipos de servicio se observa que 95% de las estaciones tienen su porcentaje de vehículos cargados mayor a un 70% pero sobresaliendo en el caso general el rango entre 85% y 90% con un 32% de todas las estaciones, para los vehículos de servicio público el 31% de las estaciones y en los de servicio privados un 28% de las estaciones (tabla 4.6).

Tabla 4.6 Porcentaje de vehículos C2 grupo 4 cargados por estación

	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.70 \leq x < 0.75$	1	1	0.01	0.01
$0.75 \leq x < 0.80$	13	14	0.14	0.15
$0.80 \leq x < 0.85$	22	36	0.24	0.40
$0.85 \leq x < 0.90$	29	65	0.32	0.71
$0.90 \leq x < 0.95$	12	77	0.13	0.85
$0.95 \leq x < 1.00$	14	91	0.15	1.00

C3. La tabla 4.7 se refiere a la proporción de vehículos C3 cargados. En esta tabla se observa que un 25% de las estaciones tienen en promedio entre un 70% y 80% de los vehículos C3 cargados. Se observa que en este grupo los rangos que predominan son en los que el promedio de vehículos cargados es mayor al 40% además de que un 73% de las estaciones tienen un promedio menor al 80%. Para los vehículos de servicio público y privado el promedio de vehículos cargados es mayor a un 30% en ambos casos y un 23% y 25% de las estaciones se encuentra su promedio de vehículos cargados en los mismos rangos que en el caso general.

Tabla 4.7 Porcentaje de vehículos C3 cargados por estación

	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.40 \leq x < 0.50$	16	16	0.18	0.18
$0.50 \leq x < 0.60$	17	33	0.19	0.36
$0.60 \leq x < 0.70$	10	43	0.11	0.47
$0.70 \leq x < 0.80$	23	66	0.25	0.73
$0.80 \leq x < 0.90$	19	85	0.21	0.93
$0.90 \leq x < 1.00$	6	91	0.07	1.00

T3S2. En un 24% de las estaciones el porcentaje promedio de vehículos T3S2 cargados se encuentra entre un 80% y 90% mientras que en el caso de vehículos de servicio público y privado es del 24% y 26% de las estaciones se encuentran en el mismo rango que en el caso general (tabla 4.8).

En todas las estaciones el promedio de vehículos cargados es mayor a un 40 en el caso general y para cualquier tipo de servicio.

Tabla 4.8 Porcentaje de vehículos T3S2 cargados por estación

	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.40 \leq x < 0.50$	1	1	0.01	0.01
$0.50 \leq x < 0.60$	13	14	0.14	0.15
$0.60 \leq x < 0.70$	18	32	0.20	0.35
$0.70 \leq x < 0.80$	17	49	0.19	0.54
$0.80 \leq x < 0.90$	22	71	0.24	0.78
$0.90 \leq x < 1.00$	20	91	0.22	1.00

T3S3. El 95% de las estaciones tienen un promedio mayor al 40% de vehículos cargados. Y el 41% de las estaciones tiene un promedio de vehículos cargados entre el 60% y 80% (tabla 4.9). Los vehículos de servicio público y privados, se comportan similarmente salvo que en lugar del 41% es el 51% y 48% respectivamente.

Tabla 4.9 Porcentaje de vehículos T3S3 cargados por estación

	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.00 \leq x < 0.20$	1	1	0.01	0.01
$0.20 \leq x < 0.40$	0	1	0.00	0.01
$0.40 \leq x < 0.60$	19	20	0.21	0.22
$0.60 \leq x < 0.80$	37	57	0.41	0.63
$0.80 \leq x < 1.00$	34	91	0.37	1.00

T3S2R4. En la tabla 4.10 se presentan las frecuencias con las que se presentaron proporciones de T3S2 cargados en las estaciones de encuesta. En el 95% de las estaciones el promedio de vehículos cargados es mayor al 40%; el 40% de las estaciones tienen un porcentaje promedio entre el 80% y 100%. En el caso de los vehículos T3S2R4 de servicio público se observan dos rangos entre el 50% y 75% y el mayor al 75% en cada uno de ellos se tiene 42% de estaciones en las que los vehículos cargados, por lo que el 84% de las estaciones tienen promedio de vehículos cargados mayor al 50%; para los de servicio privados el 66% de las estaciones tienen un promedio de vehículos cargados mayor al 75%.

Tabla 4.10 Porcentaje de vehículos T3S2R4 cargados por estación

	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
0.00 <= x < 0.20	5	5	0.05	0.05
0.20 <= x < 0.40	0	5	0.00	0.05
0.40 <= x < 0.60	22	27	0.24	0.30
0.60 <= x < 0.80	28	55	0.31	0.60
0.80 <= x < 1.00	36	91	0.40	1.00

4.3 Frecuencias de pesos brutos vehiculares promedio en estaciones por configuración vehicular.

Una vez que los vehículos C2 fueron agrupados en función de sus taras, se procedió a promediar los pesos brutos vehiculares de cada uno de los grupos para cada una de las estaciones de encuesta. A continuación se presentan algunas tablas de frecuencia referentes a los pesos brutos vehiculares promedio en las estaciones de acuerdo con la configuración vehicular.

Vehículos C2.

La tabla 4.11 se refiere a los pesos brutos vehiculares en C2 grupo 1 cargados, en esta tabla se puede apreciar que el rango de PBV más frecuente está entre 2.65 y 2.70 toneladas ya que 49 estaciones tuvieron PBV promedio dentro de ese rango. Como solamente se tuvieron registros de este tipo de unidad en 69 estaciones, el rango más frecuente

mencionado representa más del 70 % de las estaciones, mientras que el segundo rango más frecuente se encuentra entre 2.70 y 2.75 toneladas y abarca menos del 15% de las estaciones.

Tabla 4.11 Pesos brutos vehiculares en C2 grupo 1 cargados

PBV	Estaciones	Número acumulado	Porcentaje	Porcentaje acumulado
2.50 \leq X< 2.55	1	1	1.45	1.45
2.55 \leq X< 2.60	0	1	0.00	1.45
2.60 \leq X< 2.65	8	9	11.59	13.04
2.65 \leq X< 2.70	49	58	71.01	84.06
2.70 \leq X< 2.75	10	68	14.49	98.55
2.75 \leq X< 2.80	1	69	1.45	100.00

En la tabla 4.12 se puede observar que para los C2 grupo 2 más del 50% de las estaciones tiene un PBV promedio entre 4.00 y 4.10 toneladas. La columna de porcentaje acumulado muestra que en casi el 95% de las estaciones el PBV promedio es menor a 4.10.

Tabla 4.12 Pesos brutos vehiculares en C2 grupo 2 cargados

PBV	Estaciones	Número acumulado	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
3.80 \leq X< 3.90	8	8	8.89	8.89
3.90 \leq X< 4.00	25	33	27.78	36.67
4.00 \leq X< 4.10	52	85	57.78	94.44
4.10 \leq X< 4.20	4	89	4.44	98.89
4.20 \leq X< 4.30	1	90	1.11	100.00

Para los C2 grupo 3, en la tabla 4.13 se puede observar que más del 50% de las estaciones tienen PBV promedio entre 5.60 y 5.80 toneladas, mientras que el intervalo que sigue en frecuencia varía entre 5.40 y 5.60 toneladas y abarca casi el 30% de las estaciones. En la misma tabla se observa que alrededor del 82% de las estaciones tiene PBV promedio

menor a las 5.80 toneladas mientras que la estación con el PBV promedio mayor no supera las 6.20 toneladas.

Tabla 4.13 Pesos brutos vehiculares en C2 grupo 3 cargados

PBV	Estaciones	Número acumulado	Porcentaje	Porcentaje acumulado
5.20 \leq X< 5.40	1	1	1.10	1.10
5.40 \leq X< 5.60	27	28	29.67	30.77
5.60 \leq X< 5.80	47	75	51.65	82.42
5.80 \leq X< 6.00	4	79	4.40	86.81
6.00 \leq X< 6.20	12	91	13.19	100.00

La tabla 4.14 se refiere a los PBV promedio en las estaciones para los C2 grupo 4, en esta tabla se observa que el 70% de las estaciones tiene un PBV promedio entre 10 y 12 toneladas, por lo que este es el rango más frecuente. Por otra parte, la estación con PBV promedio más alto no superó las 18 toneladas de PBV.

Tabla 4.14 Pesos brutos vehiculares en C2 grupo 4 cargados

PBV	Estaciones	Número Acumulado	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
8.00 \leq X< 10.00	3	3	3.30	3.30
10.00 \leq X< 12.00	64	67	70.33	73.63
12.00 \leq X< 14.00	22	89	24.18	97.80
14.00 \leq X< 16.00	1	90	1.10	98.90
16.00 \leq X< 18.00	1	91	1.10	100.00

Vehículos C3.

En la tabla 4.15 se presentan los intervalos de frecuencia de PBV promedio para los C3 cargados. De acuerdo con esta tabla, el intervalo más frecuente comprende casi el 40% de las estaciones y varía entre 17.5 y 20.0 toneladas. En este mismo intervalo se tiene la marca de la mediana por lo que la mitad de las estaciones tiene un PBV promedio menor

a las 20 toneladas. El segundo intervalo más frecuente varía entre 20 y 22.5 toneladas y comprende el 23% de las estaciones mientras que la estación con mayor PBV promedio no supera las 27.5 toneladas.

Tabla 4.15 Pesos brutos vehiculares en C3 cargados

PBV	Estaciones	Número acumulado	Porcentaje	Porcentaje acumulado
10.00 \leq X< 12.50	1	1	1.10	1.10
12.50 \leq X< 15.00	1	2	1.10	2.20
15.00 \leq X< 17.50	13	15	14.29	16.48
17.50 \leq X< 20.00	36	51	39.56	56.04
20.00 \leq X< 22.50	21	72	23.08	79.12
22.50 \leq X< 25.00	18	90	19.78	98.90
25.00 \leq X< 27.50	1	91	1.10	100.00

Vehículos T3S2.

En la tabla 4.16 se puede observar que para los T3S2, el intervalo entre 30 y 35 toneladas de PBV promedio comprende casi el 50% de las estaciones por lo que es el más frecuente. El segundo intervalo más frecuente varía entre 35 y 40 toneladas y comprende casi el 33% de las estaciones mientras que la estación con mayor PBV promedio no supera las 45 toneladas.

Tabla 4.16 Pesos brutos vehiculares en T3S2 cargados

PBV	Estaciones	Número acumulado	Porcentaje	Porcentaje acumulado
25.00 \leq X< 30.00	13	13	14.29	14.29
30.00 \leq X< 35.00	45	58	49.45	63.74
35.00 \leq X< 40.00	30	88	32.97	96.70
40.00 \leq X< 45.00	3	91	3.30	100.00

Vehículos T3S3.

Para los T3S3, en la figura 4.17 se observa que el intervalo más frecuente tiene el 30% de las estaciones y varía entre 40 y 45 toneladas. En esta configuración vehicular las estaciones se encuentran más repartidas dentro de los intervalos de PBV promedio que en las configuraciones anteriores ya que el 60% de los datos se distribuye en los tres intervalos más frecuentes, los cuales abarcan 15 toneladas (de 40 a 55 toneladas). El 95% de las estaciones tiene PBV promedio menores a las 60 toneladas mientras que la estación con mayor PBV promedio no rebasa las 65 toneladas.

Tabla 4.17 Pesos brutos vehiculares en T3S3 cargados

PBV	Estaciones	Número acumulado	Porcentaje	Porcentaje acumulado
30.00 \leq X< 35.00	1	1	1.11	1.11
35.00 \leq X< 40.00	8	9	8.89	10.00
40.00 \leq X< 45.00	27	36	30.00	40.00
45.00 \leq X< 50.00	24	60	26.67	66.67
50.00 \leq X< 55.00	21	81	23.33	90.00
55.00 \leq X< 60.00	5	86	5.56	95.56
60.00 \leq X< 65.00	4	90	4.44	100.00

Vehículos T3S2R4.

En la tabla 4.18 se presentan las frecuencias con las que se presentaron los PBV promedio para los T3S2R4 cargados. De acuerdo con esta tabla, el intervalo más frecuente comprende alrededor del 36% de las estaciones y varía de 60 a 70 toneladas. Al igual que en el T3S3, en esta configuración se distribuyen las estaciones por PBV promedio más uniformemente en los intervalos de frecuencia ya que más del 85% de las estaciones tuvieron PBV promedio entre 40 y 80 toneladas y hubo cuatro intervalos con más del 10% de las estaciones. Para esta configuración, la estación con mayor PBV promedio se encontró en el intervalo entre 90 y 100 toneladas.

Tabla 4.18 Pesos brutos vehiculares en T3S2R4 cargados

PBV	Estaciones	Número Acumulado	Porcentaje	Porcentaje acumulado
30.00 $\leq x < 40.00$	2	2	2.35	2.35
40.00 $\leq x < 50.00$	10	12	11.76	14.12
50.00 $\leq x < 60.00$	27	39	31.76	45.88
60.00 $\leq x < 70.00$	31	70	36.47	82.35
70.00 $\leq x < 80.00$	10	80	11.76	94.12
80.00 $\leq x < 90.00$	2	82	2.35	96.47
90.00 $\leq x < 100.0$	3	85	3.53	100.00

4.4 Distribución espacial de las estaciones de encuesta de acuerdo con el PBV promedio de vehículos cargados por configuración vehicular.

Aunque la representación gráfica de las tablas de frecuencia puede ser obtenida mediante un histograma, un mapa que considere los PBV promedio en las estaciones de encuesta puede hacer las veces de histograma con la ventaja de que también muestra la ubicación de las estaciones, lo cual facilita el análisis de PBV en función de carreteras o regiones en las que se encuentran las estaciones.

A continuación se presentan los comportamientos espaciales de los PBV promedio en las estaciones de encuesta para las cinco configuraciones más frecuentes.

C2 grupo1

Las estaciones que se encuentran en el rango mas alto del PBV promedio son las cercanas a Nuevo Laredo, Tuxpan y Puebla. Destaca un segundo rango el cual está formado por las estaciones del centro, de las carreteras México – Ciudad Juárez y México – Córdoba y las cercanas a Guadalajara y Acapulco. Las estaciones en las que el PBV promedio en el rango mas bajo solo se localizaron en Hermosillo pero en un rango intermedio se distribuyen en todo el país sobresaliendo algunas zonas como son: el Occidente, el Noreste y la Península de Yucatán (figura 4.2).

En los vehículos de servicio publico las estaciones en las que el PBV promedio es alto son las cercanas a Puebla, Zacatecas y Acapulco. Sobresale un segundo rango formado por las estaciones que se encuentran en el Noreste y las carreteras México – Tuxpan y México – Córdoba. Los rangos inferiores se distribuyen por todo el País y en el rango en el que el PBV promedio es más bajo se encuentran las estaciones que pertenecen a la carretera Mazatlán – Reynosa (figura 4.3).

En los vehículos de servicio privado las estaciones en las que el PBV promedio es más alto pertenecen a las carreteras México – Tuxpan y México – Córdoba, así como a Zacatecas y Nuevo Laredo. El segundo rango está formado por las estaciones en Baja California, el Occidente, el Noreste y la carretera México – Ciudad Juárez. Las estaciones restantes distribuidas en todo el país se encuentran en un rango inferior a las 2.7 toneladas.

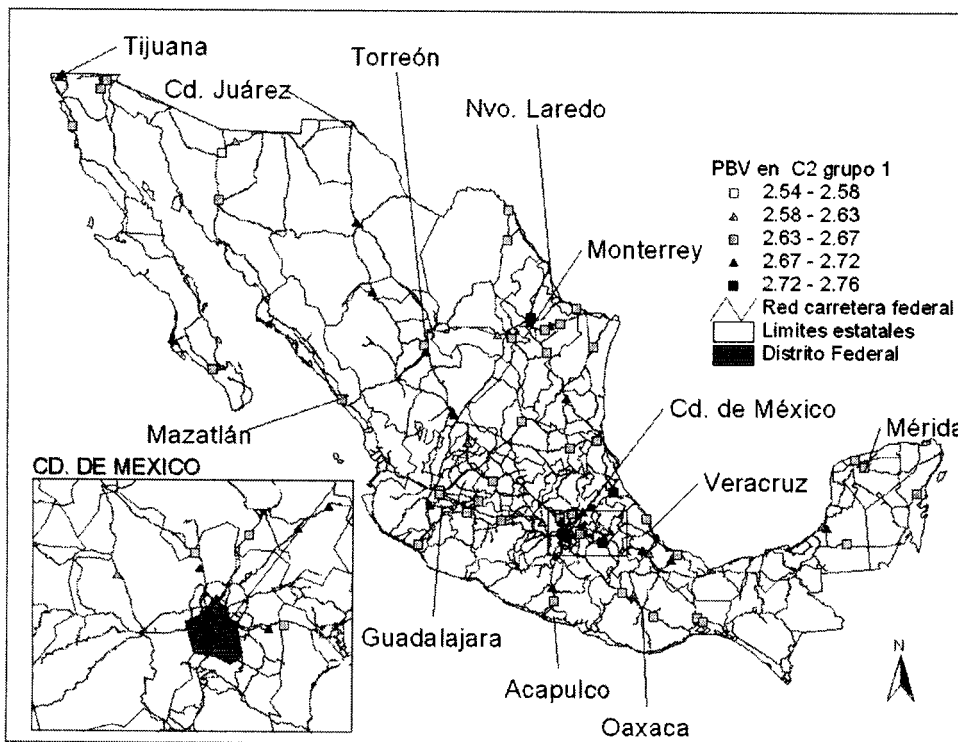


Figura 4.2 PBV de vehículos cargados C2 grupo 1

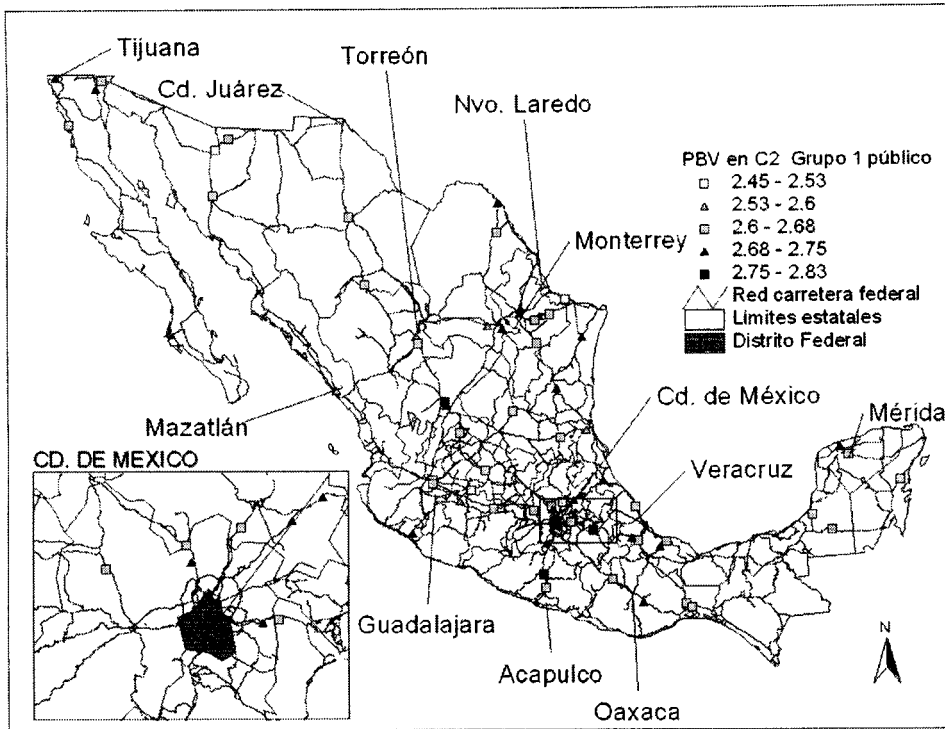


Figura 4.3 PBV de cargados C2 grupo 1 de servicio público

C2 grupo 2

En este grupo se puede observar que la estación en la que el PBV promedio es más alto se encuentra en la carretera México- Córdoba. Se tiene un segundo rango formado por las estaciones cercanas a la Península de Yucatán, Acapulco y Ciudad Victoria. Se aprecian algunas carreteras en las que el PBV promedio de las estaciones que las forman pertenece a un mismo rango intermedio como lo es México – Tuxpan, México – Córdoba, México – Istmo, México – Guadalajara, México – Ciudad Juárez, México - Piedras Negras, Mazatlán –Reynosa, la Península de Yucatán y Baja California. En los demás rangos, las estaciones se encuentran distribuidos en todo el País (figura 4.4).

En los vehículos de servicio público las estaciones con mayor PBV promedio son las cercanas a Guadalajara, Colima y Campeche, sobre sale un rango intermedio de PBV promedio formado por las estaciones cercanas a la Península de Yucatán, el centro del país, y la carretera Mazatlán - Reynosa. Las estaciones que pertenecen al rango mas bajo de los PBV promedio se encuentran localizadas principalmente en el Noreste, el Golfo el Golfo de México y la carretera México – Ciudad Juárez.

En los vehículos de servicio privado sólo se localizó una estación en la carretera México – Córdoba donde el PBV promedio estaba en el rango más alto, un rango intermedio está determinado por las estaciones de la península de Yucatán, el centro, Mazatlán y las carreteras México – Guadalajara. México – Acapulco, México – Córdoba, y México – Reynosa. Las estaciones en las que el PBV promedio pertenecen al rango más bajo son las que localizan al Noreste, el occidente, el Bajío y Baja California (figura 4.5).

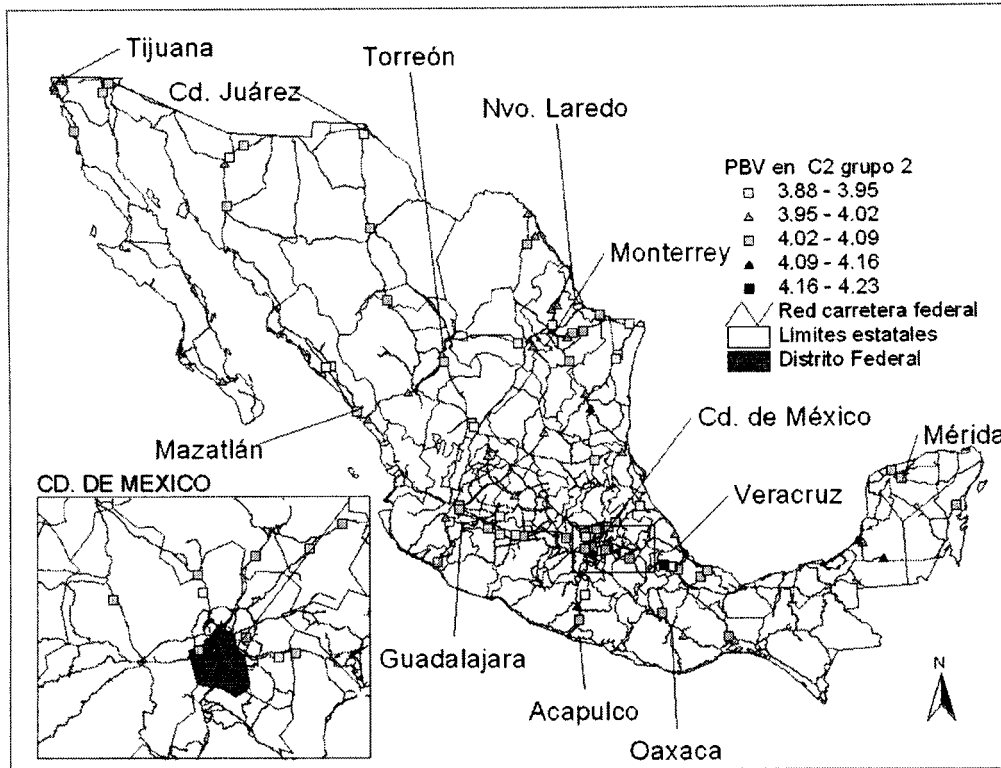


Figura 4.4 PBV de vehículos cargados C2 grupo 2

C2 grupo 3

Como se puede observar en la figura 4.6, las estaciones en las que el PBV promedio cae en el rango más alto son las cercanas a Tijuana, Ciudad Juárez, Piedras Negras, Nuevo Laredo Mazatlán, Durango y Hermosillo y una en la carretera México-Córdoba. El segundo rango donde el PBV promedio es más alto está formado por las estaciones en el Occidente, y las que se encuentran en la carretera México – Guadalajara, México – Acapulco y México – Tuxpan. Se observa que las estaciones que se encuentran en la Península de Yucatán, el Golfo de México, el Sur y en la carretera México -

Guadalajara tienen el PBV promedio en un mismo rango al igual que las carreteras México – Acapulco y México – Torreón en las que las estaciones tienen el PBV promedio dentro del rango más bajo

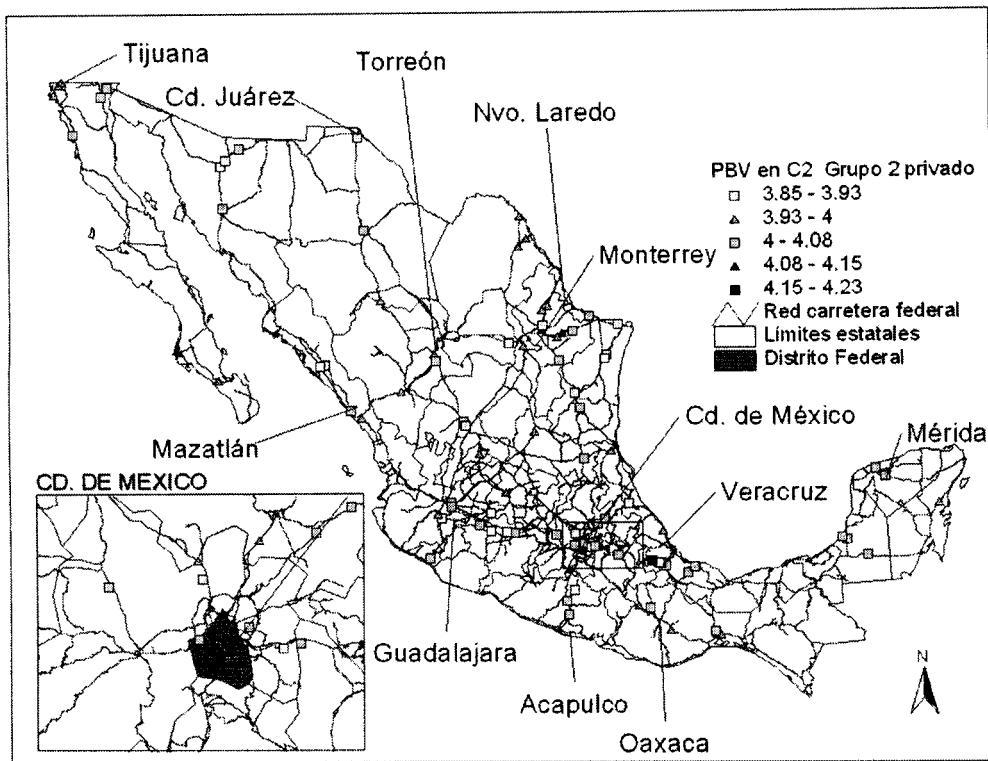


Figura 4.5 PBV de vehículos cargados C2 grupo 2 de servicio privado

El comportamiento del PBV promedio en los vehículos de servicio público es similar a los del C2 grupo 3 general con regiones y rangos similares.

En los vehículos de servicio privado se divide en dos grandes grupos, uno en el que el PBV promedio es alto y al que pertenecen estaciones que se encuentran en el Norte (Tijuana, Hermosillo, Ciudad Juárez, Piedras Negras, Nuevo Laredo, Matamoros), Mazatlán y Durango. Un segundo grupo está formado por las estaciones que pertenecen al occidente, las carreteras México – Tuxpan y México – Córdoba y la Península de Yucatán. Por otra parte, las estaciones con PBV más bajo se encuentran distribuidas en todo el país.

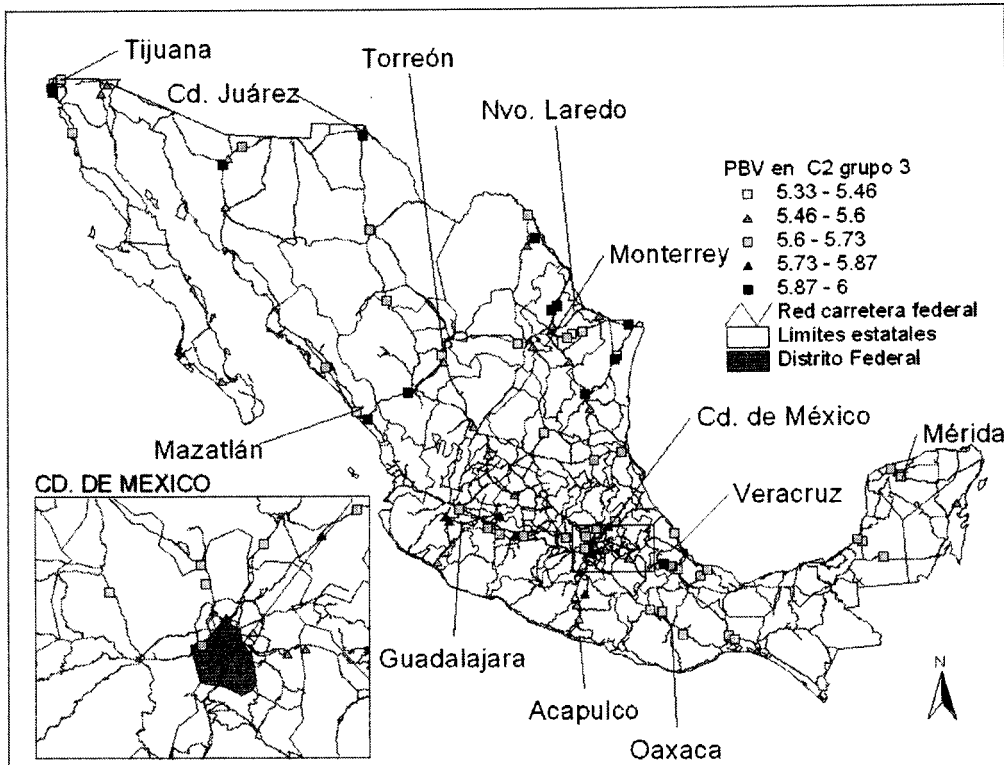


Figura 4.6 PBV de vehículos cargados C2 grupo 3

C2 grupo 4

Las dos estaciones con PBV promedio más alto se localizan en Hermosillo y Nuevo Laredo, el resto de las estaciones tiene un PBV promedio menor a 13 toneladas, las cuales se dividen en dos rangos, el primero menor a 10 toneladas formado por las que se encuentran en el Noreste y la carretera México – Guadalajara y el segundo rango entre 13 y 10 toneladas, el cual abarca cerca del 60% de todas las estaciones distribuidas en todo el país. Los picos en los PBV pueden deberse a la presencia del paso fronterizo en Nuevo Laredo y a la actividad agrícola en el Pacífico (INEGI, 1999, pp 315-316). El mínimo en el Noreste puede deberse principalmente a la presencia de ejes carreteros en los que se utilizan preferentemente configuraciones de mayores dimensiones.

Los vehículos de servicio público tienen comportamiento similar a los C2 grupo 4 general al dividirse en dos rangos uno intermedio formado por las estaciones que se encuentran en la Península de Yucatán, El Golfo de México, El Centro, El Pacífico y Occidente y otro rango con PBV promedio más bajo formado por las estaciones de todo el

norte de la República y Baja California. Las estaciones con PBV promedio más alto se localizan en Hermosillo y en Campeche (figura 4.7).

Los C2 grupo 4 de servicio privado tienen el mismo comportamiento que en el caso general, ya que se dividen en los mismo rangos y las mismas estaciones que los forman. La variante existente consiste en que hay algunas carreteras en las que el PBV promedio disminuye en las estaciones conforme se aleja del centro del país como son la México – Córdoba, México – Acapulco y México – Piedras Negras.

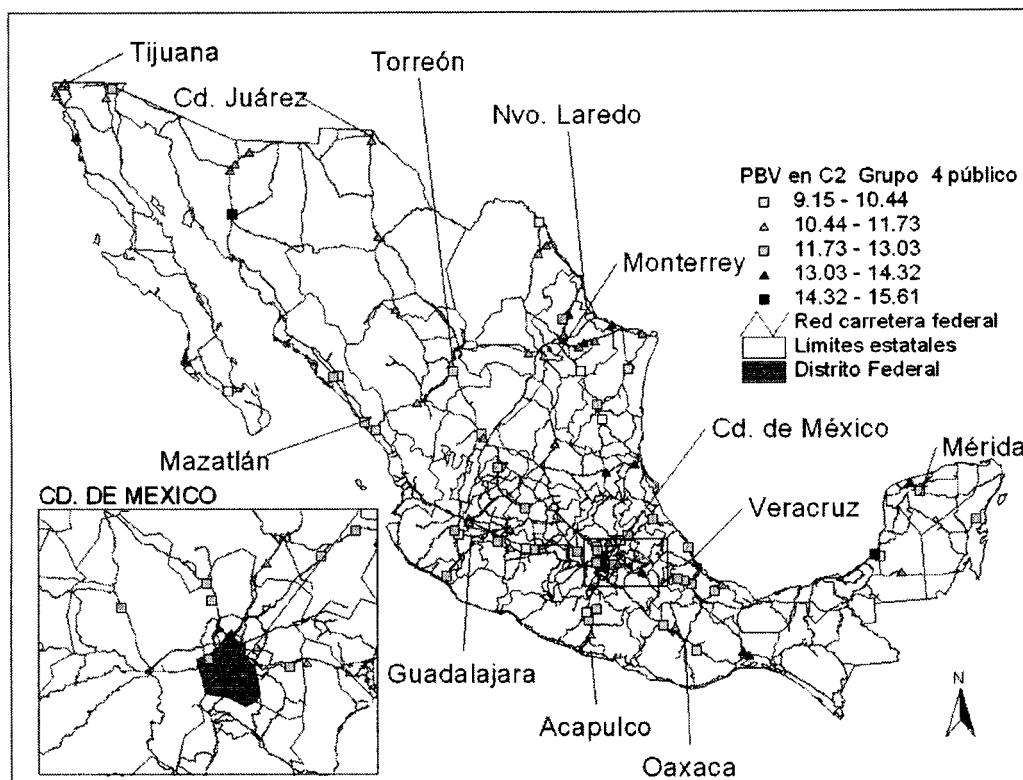


Figura 4.7 PBV de vehículos cargados C2 grupo 4 de servicio público

Vehículos C3

En la figura 4.8 se puede observar que los PBV promedio son más altos en las estaciones cercanas a la Península de Yucatán, Tijuana, Piedras Negras, Torreón, Zacatecas, Guadalajara, Cd. Valles, el Istmo de Tehuantepec y la carretera México – Tuxpan. El segundo rango se localiza en estaciones que se encuentran principalmente en el Noreste, el Golfo de México, el occidente y la carretera México – Istmo. Un rango en que

el PBV promedio es más bajo se encuentra principalmente en el Pacífico, el centro y en las carreteras México – Córdoba y México – Acapulco.

Los picos en los PBV en el caso de la Península de Yucatán y el Golfo de México puede deberse a la presencia de grandes movimientos de graneles minerales y agrícolas que circulan por las carreteras que comunican a estas zonas. En cuanto a la región de la Laguna puede deberse a la actividad industrial que se presenta en el Noreste (INEGI, 1999, pp.346-347). En lo que se refiere al Occidente, es en esta zona en la que esta configuración vehicular tiene mayor participación lo que puede deberse a que la distancia entre la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y esta zona pudieran justificar el uso de este tipo de vehículos.

Al igual que los vehículos C3 en general, las estaciones con PBV promedio más alto en los vehículos de servicio público se encuentran en Piedras Negras, Guadalajara y la Península de Yucatán. Las estaciones que forman el centro del país son similares y forman un rango donde el PBV promedio es bajo. Se observa que en algunas carreteras de más peso se distribuyen por todo el País principalmente en las carreteras México – Acapulco, México – Tijuana y México – Tuxpan en las cuales los PBV van disminuyendo conforme se alejan del centro del país mientras que en las carreteras México – Ciudad Juárez y Mazatlán – Reynosa el PBV promedio se mantiene dentro de un mismo rango.

En los C3 de servicio privado, los PBV promedio de rango más alto se encuentran distribuidos al igual que los C3 en general y el segundo rango esta formado por las estaciones que se encuentran en el occidente, Baja California, la carreteras México – Tuxpan, México – Cd. Juárez y México – Istmo. Y para el rango en el que el PBV promedio es menor a 16 toneladas las estaciones están distribuidas en todo el país; sobresale la carretera México –Acapulco en las que el PBV promedio de las estaciones disminuye conforme se aleja del centro.

Vehículos T3S2

Los PBV promedio más altos se localizan en las estaciones cercanas a la Península de Yucatán, Reynosa y Torreón. El rango siguiente en el que el PBV promedio es alto está formado por las estaciones que se encuentran en el Occidente, Zacatecas, Cd. Valles, Tuxpan, Córdoba, Puebla y carreteras México – Acapulco, México – Istmo. Los rangos de PBV promedio más bajos se encuentran distribuidos en todo el país pero principalmente en las estaciones que se encuentran en la Península de Baja California, el Noreste y el Bajío

Los picos en los PBV en el caso de la Península de Yucatán y el Golfo de México, al igual que en el caso de los vehículos C3 y como se verá también más adelante para los vehículos T3S3 y T3S2R4, puede deberse a la presencia de grandes movimientos de graneles minerales y agrícolas que circulan por las carreteras que comunican a estas zonas. En cuanto a la región de la Laguna puede deberse a la actividad industrial que se presenta en el Noreste (INEGI, 1999, pp.346-347).

En los vehículos de servicio público los PBV promedio más altos se encuentran en las estaciones cercanas a Torreón, Guadalajara y la Península de Yucatán. Algunas estaciones determinan un segundo rango en el que el PBV promedio es similar las cuales se encuentran en la carreteras México – Oaxaca, México – Córdoba y Mazatlán – Reynosa. Las estaciones con PBV promedio más bajos se encuentran distribuidos en todo el país sobresaliendo las que se encuentran en el Norte y el Noreste (figura 4.8).

Los PBV promedio más altos de los vehículos privados se encuentran en las estaciones cercanas a Reynosa, Torreón, Tamaulipas, carretera México –Acapulco y la Península de Yucatán. Más del 50% de las estaciones tiene un PBV promedio menor a 35 toneladas las cuales se encuentran distribuidas en todo el país principalmente en las que forman el occidente, Norte y el Noreste. Destaca que algunas carreteras tienen un comportamiento similar en las que el PBV promedio va disminuyendo en las estaciones conforme se alejan del centro del país como lo son la México – Ciudad Juárez, México – Acapulco, México – Istmo y México – Córdoba.

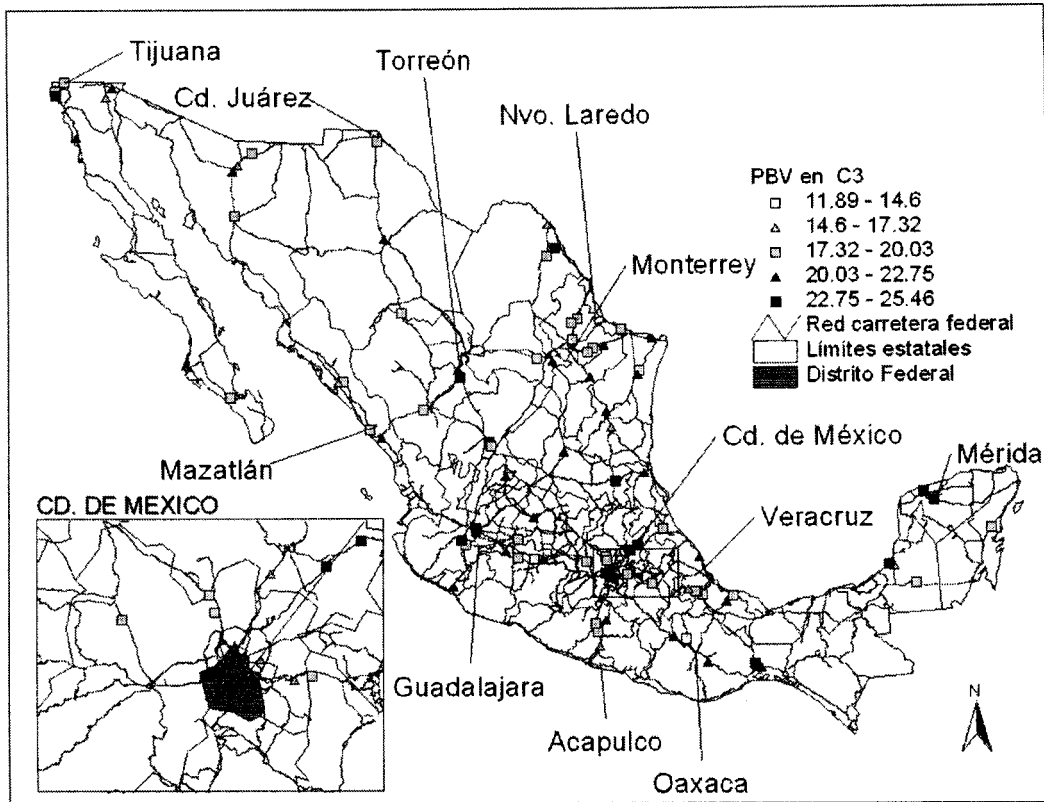


Figura 4.8 PBV de vehículos cargados C3

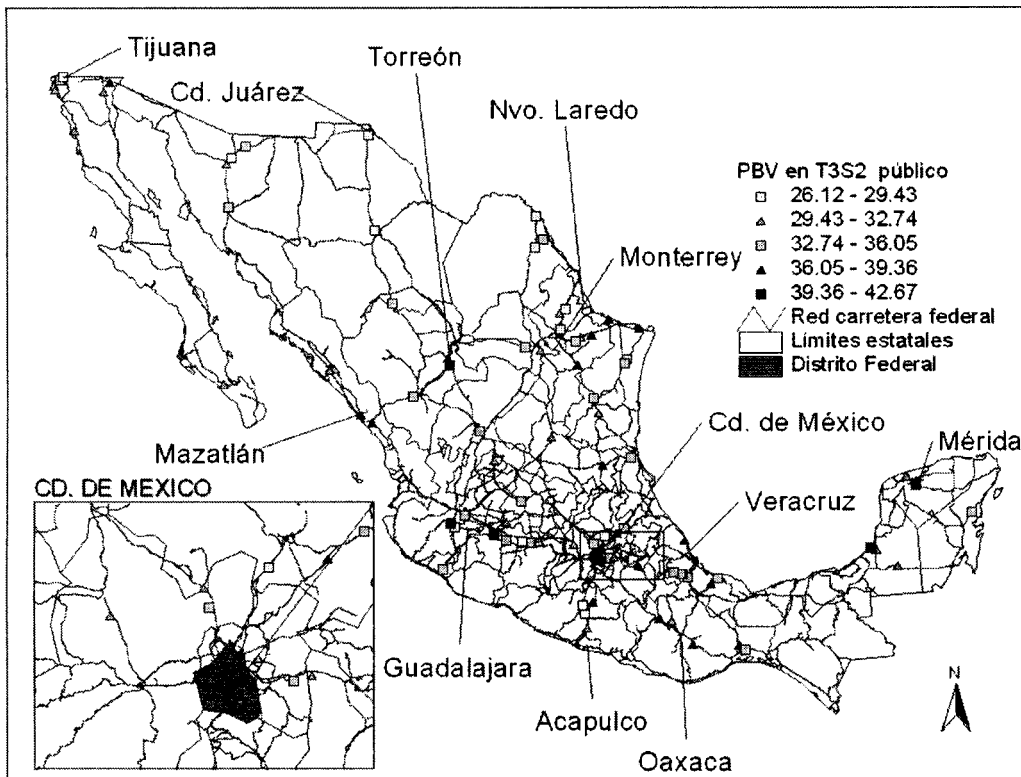


Figura 4.9 PBV de vehículos cargados T3S2 de servicio público

Vehículos T3S3

En la figura 4.10 se observa que los PBV promedio de rango más alto se encuentran en las estaciones cercanas a la Península de Yucatán y de Reynosa. Un segundo rango se localiza en las estaciones del Noreste, Tijuana, Mexicali, Mazatlán, Torreón, Zacatecas, Guadalajara y Cd. Valles. Se puede observar que las estaciones con PBV promedio rango menor se encuentran distribuidos en todo el país pero se concentran principalmente en el Centro, el Golfo de México, el Bajío, el Pacífico (a excepción de Mazatlán) y en la carretera México – Acapulco.

Al igual que en el caso general, en los vehículos de servicio público las estaciones en las que el PBV promedio es más alto se encuentra en la Península de Yucatán y en Reynosa. Destaca un segundo rango localizado en las estaciones del Occidente y del Noreste del país. Las estaciones en las que el PBV promedio pertenecen al rango más bajo están localizadas en Baja California, el Norte, el Centro, el Pacífico y el Golfo de México.

Con respecto a los vehículos de servicio privado, las estaciones en la que el PBV promedio está en el rango más alto se localizan en Reynosa, Cd. Valles y en la Península de Yucatán. Las estaciones del Noreste y Occidente del País tienen una similitud y pertenecen a un rango inferior al anterior. Al igual que en el caso general y en los vehículos de servicio público para los PBV promedio que pertenecen al rango más bajo se encuentran en las estaciones cercanas a Baja California, Pacífico, Centro, Golfo de México y Bajío, destacando que las que se encuentran en las carreteras que van del centro al Golfo de México tienen un PBV promedio similar de entre 38 y 44 toneladas.

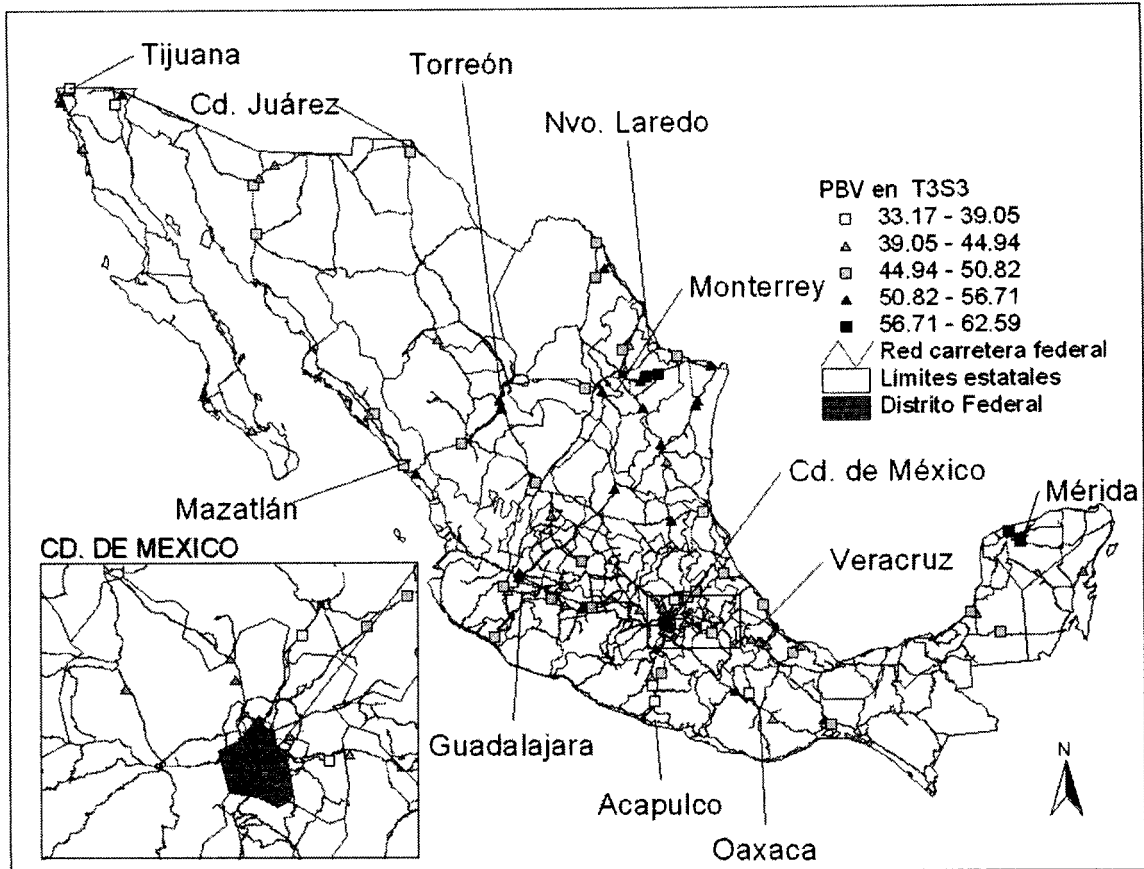


Figura 4.10 PBV de vehículos cargados T3S3 para el caso general

PBV de vehículos cargados T3S2R4

La figura 4.11 muestra la distribución de los PBV promedio en las estaciones de encuesta para los vehículos T3S2R4. Alrededor del 10% de las estaciones tiene un PBV promedio mayor a 72 toneladas. El rango más alto de PBV promedio se encuentra en la Península de Yucatán, Ciudad Valles y Reynosa. Un segundo rango de PBV se encuentra en estaciones cercanas a Torreón, Córdoba y Tampico. El menor rango de PBV promedio se encontró en el centro del País. Cabe mencionar que se presentaron similitudes en PBV en regiones como el Pacífico, el Istmo de Tehuantepec y la Península de Yucatán (con excepción de Mérida).

Al igual que en los T3S2R4 en general, para los vehículos de servicio público se encontró que las estaciones con PBV promedio más alto se encontraron en las cercanías de Ciudad Valles, Reynosa y la Península de Yucatán. El segundo rango de PBV también

coincide con el caso general. Los PBV promedio menores se encontraron en el Centro y en Baja California. En rangos intermedios de PBV se pueden distinguir similitudes en una misma región o carretera como es el caso del Pacífico, el Bajío, el Golfo de México, la Península de Yucatán, la carretera México – Cd. Juárez y la transversal Mazatlán – Reynosa.

En el servicio privado las estaciones con mayor PBV promedio se encontraron cerca de Reynosa, Torreón y la Península de Yucatán. Al igual que en los vehículos de servicio público, los demás rangos de PBV promedio se comportan de manera similar que en el caso general.

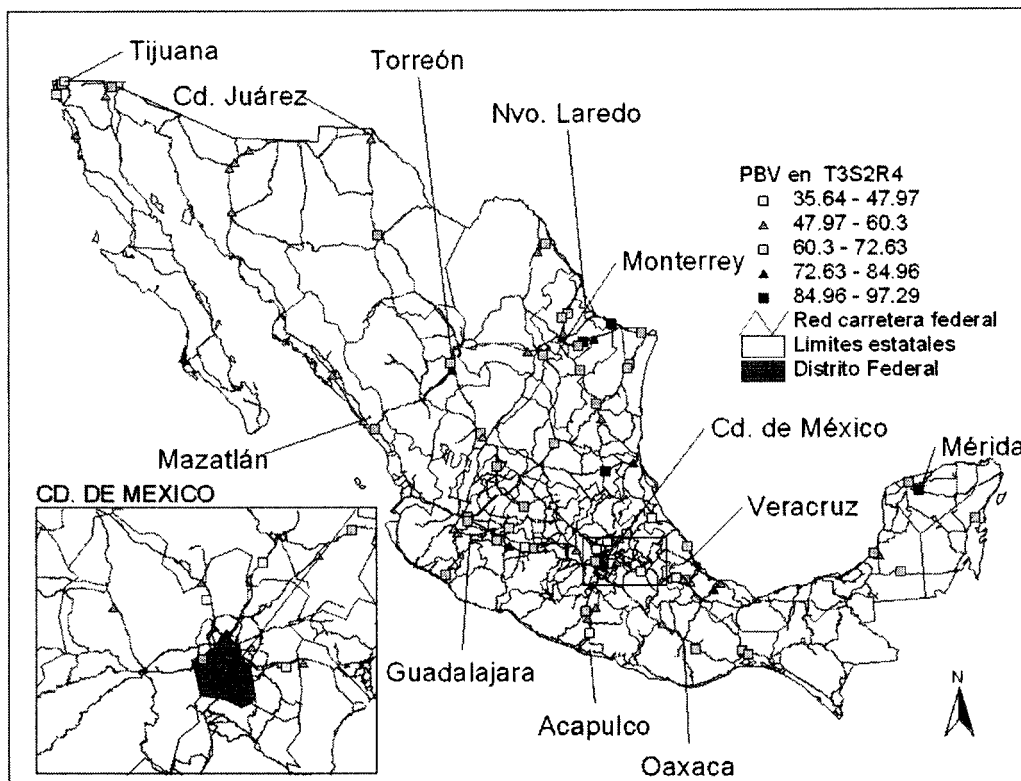


Figura 4.11 PBV de vehículos cargados T3S2R4.

En los mapas anteriores se pudo observar como para las configuraciones de menor capacidad las estaciones con mayor PBV promedio se encuentran en la parte central del País mientras que las estaciones con menor PBV promedio se encuentran en la frontera norte. Esta situación cambia para las configuraciones de mayor capacidad, en donde los mayores PBV promedio se encontraron en estaciones ubicadas en la frontera norte, en la

zona de la Laguna y en la Península de Yucatán mientras que los menores PBV se encontraron en la parte central del País.

4.5 Identificación de patrones en PBV por carretera para distintas configuraciones.

La técnica de análisis exploratorio de datos utilizada para identificar patrones de comportamiento de los PBV registrados en las estaciones ubicadas en distintas carreteras fue la de diagrama de caja, la cual permite observar los intervalos de peso en los que se concentran los vehículos encuestados.

El primer paso fue identificar las carreteras en las que se ubicaron más de dos estaciones. Una vez que se identificaron estas carreteras, se procedió a dividir los vehículos que se encuestaron en ellas en las cinco configuraciones más frecuentes, para posteriormente observar los pesos registrados en los vehículos para cada configuración.

Las carreteras consideradas son las mismas que se utilizaron para el análisis de la distribución horaria (ver en el capítulo II, el punto 2.2.5 Variaciones de acuerdo con la ubicación de la estación de aforo).

Una vez identificadas las cinco configuraciones vehiculares más frecuentes y las carreteras en las que se tuvieron más de dos estaciones de encuesta se procedió con el análisis exploratorio espacial de datos.

La técnica utilizada para el análisis fue la de diagramas de caja, con lo que se busca observar la distribución de los pesos brutos vehiculares en las carreteras de acuerdo con el tipo de servicio en que son utilizados los vehículos (servicio público o servicio particular).

Vehículos C2.

Para los C2 de grupo 1, en la figura 4.12 se puede apreciar que los vehículos de servicio público tienen un PBV entre 2.45 y 2.85 toneladas. Hubo dos carreteras (MEX-

045 y MEX-057) de las que se puede decir que sus comportamientos son iguales ya que su mediana y la distribución de sus observaciones no difieren mucho.

Otro conjunto de carreteras en las que la distribución de sus observaciones puede considerarse la misma son MEX-015, MEX-080, MEX-085 y MEX-150 en las cuales el PBV esta entre 2.5 y 2.8 toneladas y el cuarto cuartil se puede considerar como un rango de un solo punto (2.8 toneladas), ya que los demás cuartiles se encuentran distribuidos uniformemente en el rango antes mencionado.

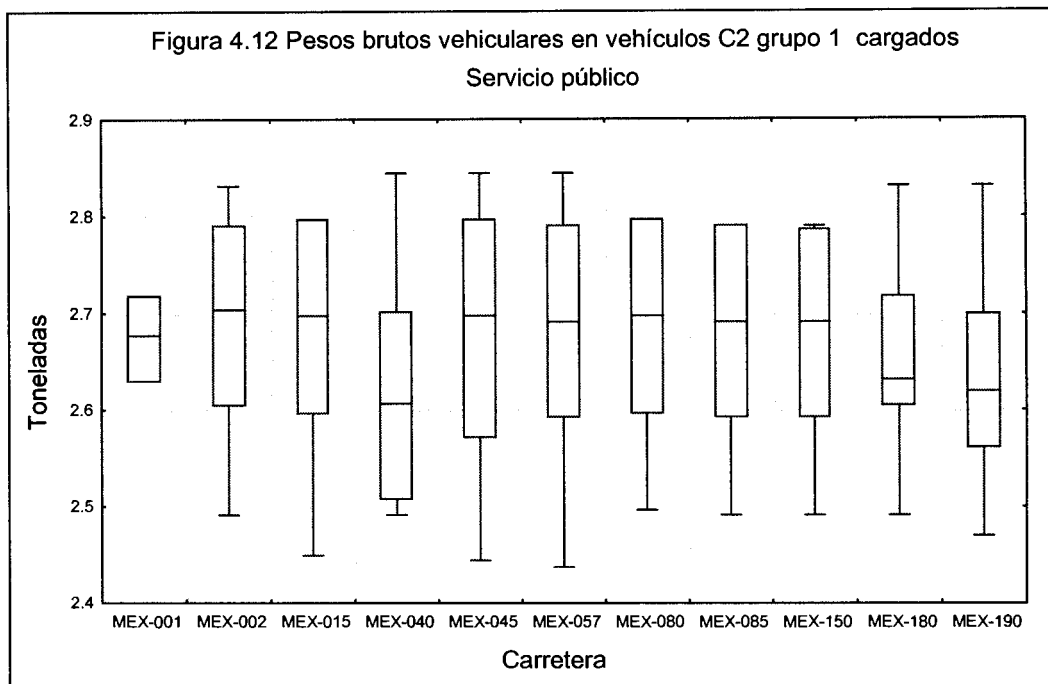
No se puede decir que hay una carretera en la que los vehículos vayan más cargados, pero los vehículos menos cargados pertenecen a la carretera MEX-040. La carretera MEX-001 tiene un comportamiento totalmente distinto al resto ya que en esta carretera los PBV de los vehículos están solamente en el rango aproximado de 2.64 y 2.72 toneladas que es muy pequeño en comparación con los demás.

En la figura 4.13 se puede observar que los C2 grupo 1 de servicio privado tienen su PBV entre 2.4 y 2.85 toneladas, la carretera donde los vehículos van menos cargados es la MEX-002 y con respecto a los vehículos más cargados no sobresale alguna en particular. El 50% de los vehículos en cada una de las carreteras tiene un PBV entre 2.60 y 2.75 toneladas a excepción de la carretera MEX-002 en la cual su 50% inferior se encuentra entre 2.50 y 2.60 toneladas

En este grupo se identificaron tres carreteras: MEX-040, MEX-045 y MEX-057, en las que distribución de las observaciones es la misma. La mediana de las observaciones en cada una de las carreteras se encuentra alrededor de un valor de 2.70 toneladas mientras que los rangos entre cada uno de los cuartiles son diferentes siendo más grandes los inferiores que los superiores. Otra carretera en la que su comportamiento destaca es la MEX-080 debido a la concentración de observaciones en el primer y cuarto cuartil.

Para los vehículos C2 grupo 2 servicio privado el PBV de los vehículos está entre 3.8 y 4.4 toneladas y el comportamiento de cada una de las carreteras es distinto,

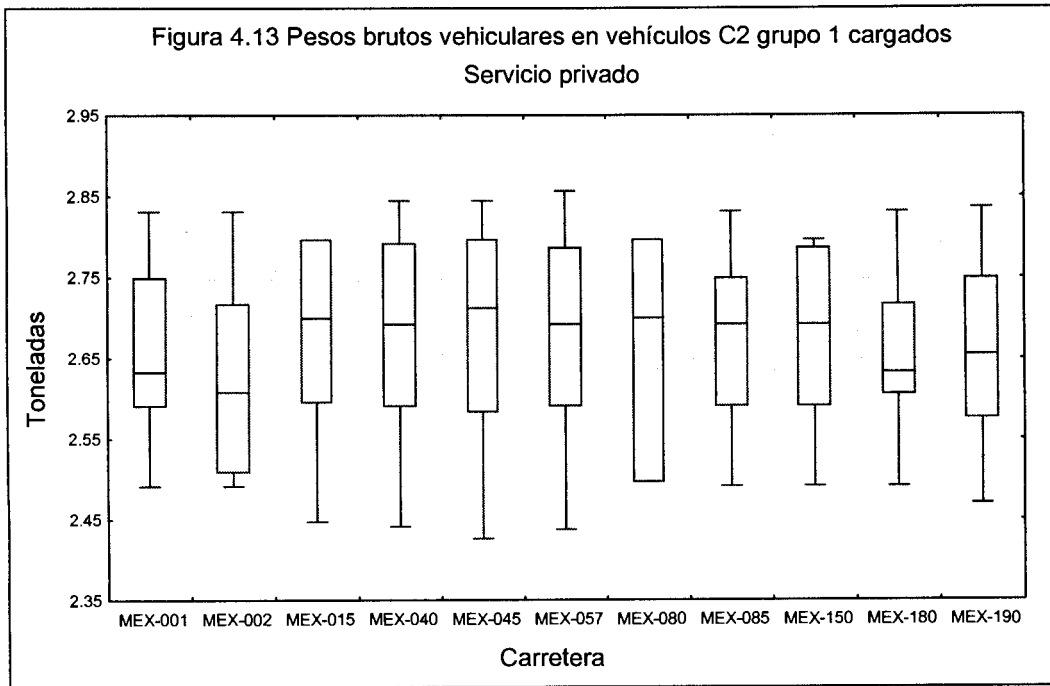
sobresaliendo la carretera MEX-080 en la que los vehículos que circulan por ella van más cargados que en el resto de las carreteras, un conjunto de carreteras que tienen algo en común son la MEX-001, MEX-045 y MEX-085 en las que la mediana se encuentra en el borde superior o inferior de la caja, esto es que en todo el segundo o en todo el tercer cuartil los vehículos tienen el mismo PBV y el rango de éstos es de un solo punto además de que tienen algunos puntos límites. La carretera en la que los vehículos van menos cargados es la MEX-150 donde el rango del PBV se encuentra entre 3.85 y 3.95 toneladas aproximadamente. Para esta carretera se puede decir que el 50% de los valores observados son iguales (esto puede suceder más frecuentemente cuando las observaciones son pocas) además de que se encontraron varios puntos atípicos (figura 4.14).



El comportamiento en los C2 grupo 2 de servicio público es muy similar al de los vehículos de servicio privado.

La figura 4.15 se refiere al comportamiento de los C2 grupo 3 dedicados al servicio privado. En esta figura se puede observar que el PBV en todas las carreteras varía de 5 a 6 toneladas, aunque la distribución entre cuartiles si varía. La marca de la mediana se encontró entre 5.6 y 5.8 toneladas, con excepción de la MEX-001 en la que la mediana es de 5.98 toneladas por lo que se encuentra muy cerca al tercer y cuarto cuartiles.

Las carreteras en las que la marca del tercer cuartil es mayor son la MEX-001 y la MEX-085. En estas carreteras prácticamente coinciden las marcas del tercer cuartil y del valor máximo, por lo que existe una gran concentración (25% de las observaciones) de vehículos con PBV de 6 toneladas.



Para los C2 grupo 3 de servicio público, el comportamiento es muy similar al de los de servicio privado en cuanto a los PBV mínimos y máximos registrados.

Entre las diferencias encontradas se observa una concentración de l PBV en la carretera MEX-001 tal que prácticamente la totalidad de las observaciones estuvieron alrededor de las 6 toneladas.

Figura 4.14 Pesos brutos vehiculares en vehículos C2 grupo 2 cargados
Servicio privado

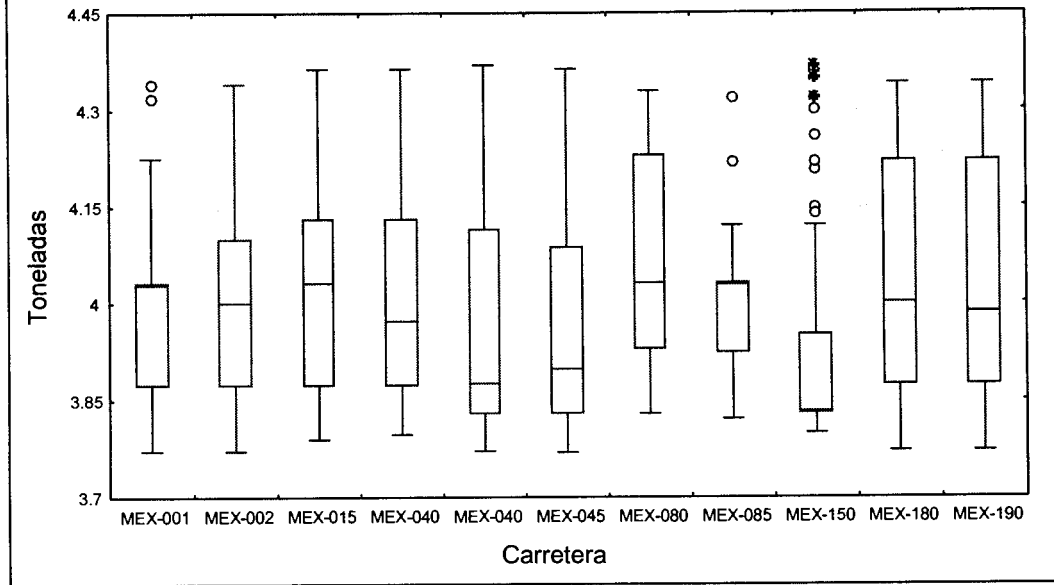
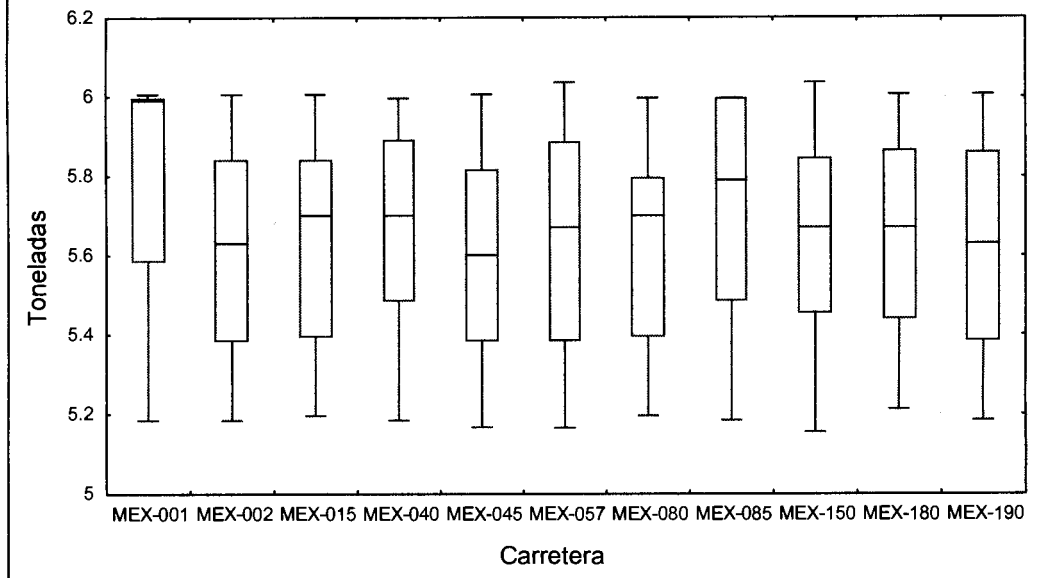
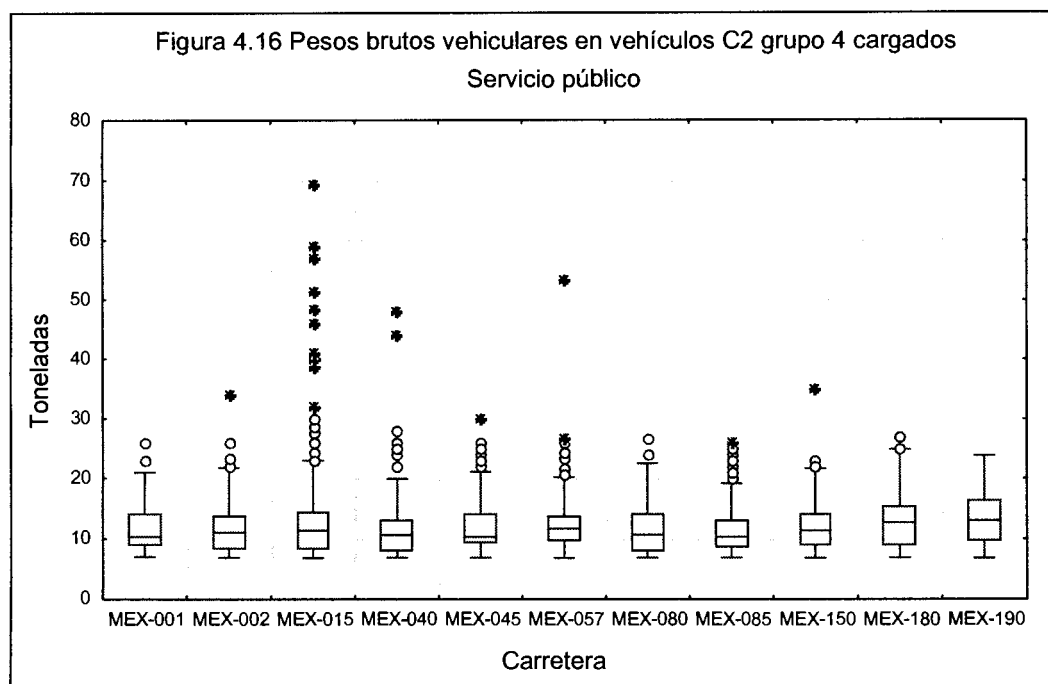


Figura 4.15 Pesos brutos vehiculares en vehículos C2 grupo 3 cargados
Servicio privado



Para los C2 grupo 4 de servicio público cargados, en todas las carreteras la marca de la mediana se encuentra entre 10 y 12 toneladas, esto significa que el 50 de los vehículos C2 grupo 4 de servicio público tienen un PBV menor a 12 toneladas. La marca del 75% de datos se encuentra alrededor de las 15 toneladas mientras que la marca del 100% está cercana a las 20 toneladas, esto quiere decir que el 75% de los vehículos tienen PBV menores a las 15 toneladas mientras que los más pesados andan alrededor de las 20 toneladas. Destaca la carretera MEX-015 debido a la frecuente presencia de datos atípicos los cuales, debido a los altos pesos que sugieren, podrían deberse principalmente a errores de captura. Destacan también las carreteras MEX-180 y MEX-190, ambas en el sur del País, ya que tienen las marcas del 75 percentil un poco más altas que en el resto de las carreteras (figura 4.16).

El comportamiento en los C2 grupo 4 privados es muy similar al de los de servicio público.



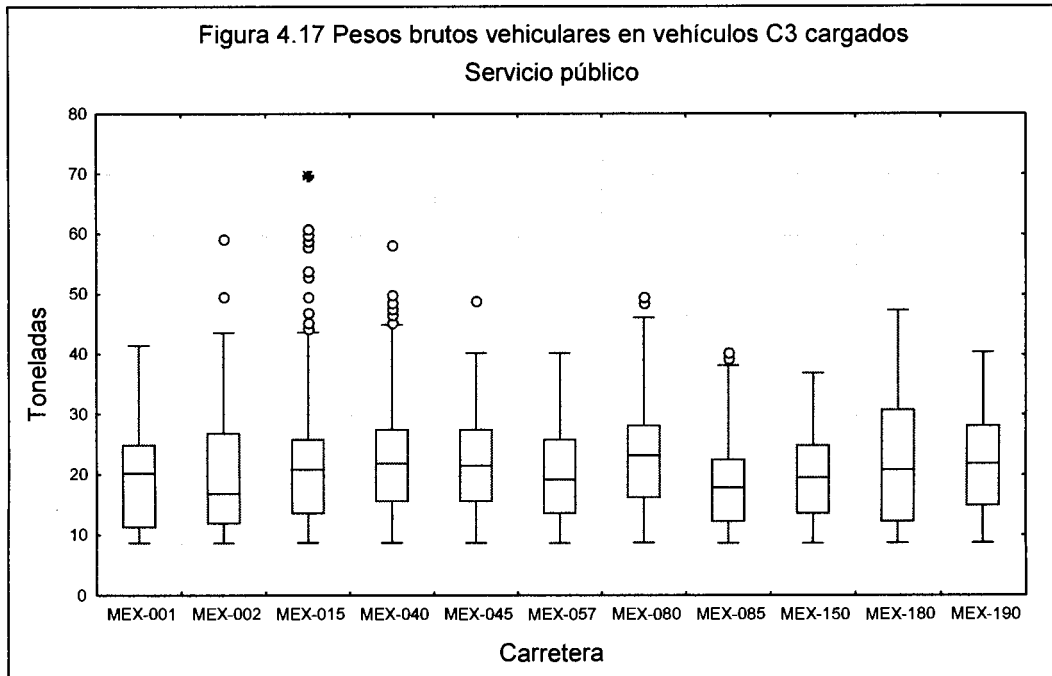
Vehículos C3.

La figura 4.17 se refiere a la distribución de los PBV de los vehículos C3 de servicio público agrupados por carretera. En estos vehículos, para casi todas las carreteras aproximadamente el 50% de los vehículos tuvo PBV menores a las 20 toneladas, las

principales excepciones se dan en las carreteras MEX-002 y MEX-085 en las que la marca de la mediana está cercana a las 15 toneladas mientras que las carreteras en las que la marca de la mediana fue más alta fueron la MEX-080 y la MEX-190 con casi 22 toneladas.

En todas las carreteras la marca del 75 percentil se encontró entre 25 y 30 toneladas con excepción de la MEX-085 en la que la marca se encontró por debajo de ese rango. Destaca la MEX-180 ya que es en la carretera en la que se encontró la mayor marca del 75 percentil. La marca que indica el peso máximo varió entre 30 y 40 toneladas, las carreteras en las que se encontraron los PBV más altos fueron la MEX-015, MEX-040, MEX-080 y la MEX-180.

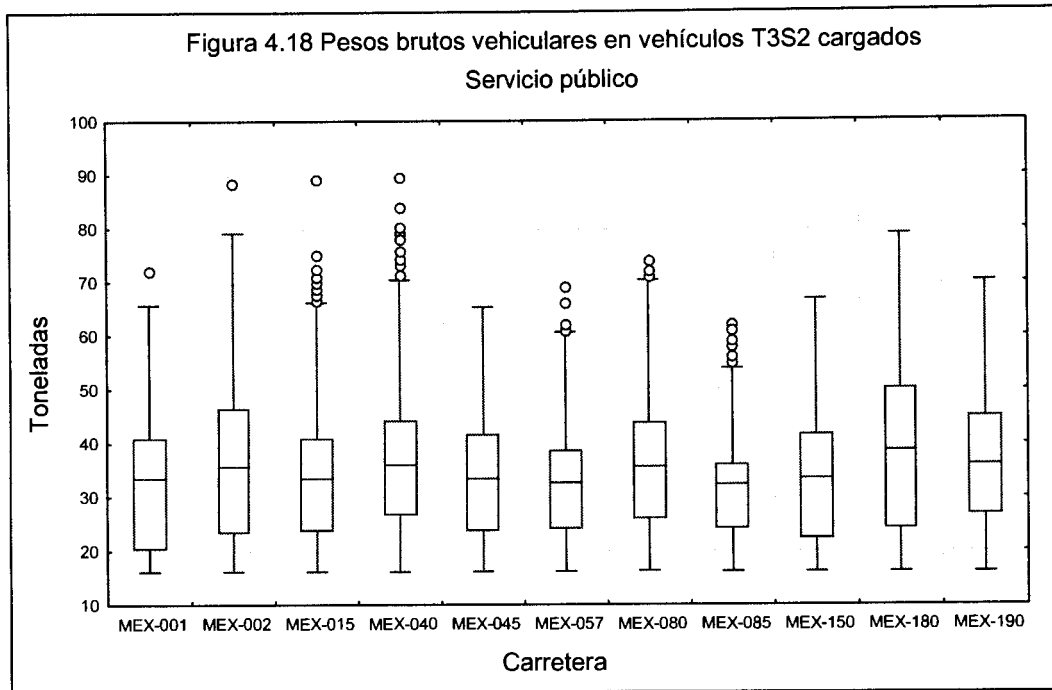
El comportamiento en los C3 de servicio privado es muy similar a los de servicio público aunque las marcas del 75 y del 100 percentil se encuentran un poco por debajo de las correspondientes a los de servicio público, esto quiere decir que entre los C3 de servicio público se encontraron mayores PBV que en los de servicio privado.



Vehículos T3S2.

Para los T3S2 de servicio público la marca que delimita el PBV para el 50% de los vehículos varía entre 35 y 40 toneladas, en donde las marcas más bajas se observaron en la MEX-085 y MEX-150 mientras que la más alta se observó en la MEX-180. En cuanto a la marca que representa el 75% de los vehículos para casi todas las carreteras se encuentra entre 40 y 45 toneladas. Las excepciones fueron las carreteras MEX-057 y MEX-085 en las que el 75% de los vehículos tuvieron PBV menores a las 35 toneladas y la MEX-180 en la que la marca del 75 percentil alcanzó las 50 toneladas, el 25% más pesado varió en su distribución considerablemente de una carretera a otra. Los mayores PBV encontrados fueron de alrededor de 80 toneladas y se encontraron en las carreteras MEX-002 MEX-180, así como algunos valores atípicos en la MEX-015 y la MEX-040 (figura 4.18).

Para los T3S2 utilizados para el servicio privado, al igual que para los C3 las marcas del 50 percentil son muy parecidas a las del servicio privado. El comportamiento de las marcas del 75 percentil es muy parecido en las carreteras aunque un poco menores mientras que los valores máximos encontrados fueron de 70 toneladas (10 menos que en los de servicio público) en las mismas carreteras en las que se encontraron los más pesados de servicio público.



Vehículos T3S3.

Para los T3S3 de servicio público, la marcas de las medianas para los PBV se encontraron en un rango entre 50 y 55 toneladas, con excepción de la MEX-085 que tuvo la marca por debajo de ese peso. En cuanto a la marca del 75 percentil, ésta se encontró alrededor de las 60 toneladas con excepción nuevamente de la MEX-085, lo que indica que en casi todas las carreteras el 75% de los T3S3 de servicio público tuvieron pesos menores a esa cantidad. Los mayores PBV se encontraron en las carreteras MEX-002, MEX-080 y MEX-180, además de algunos datos atípicos en la MEX-040 (figura 4.19).

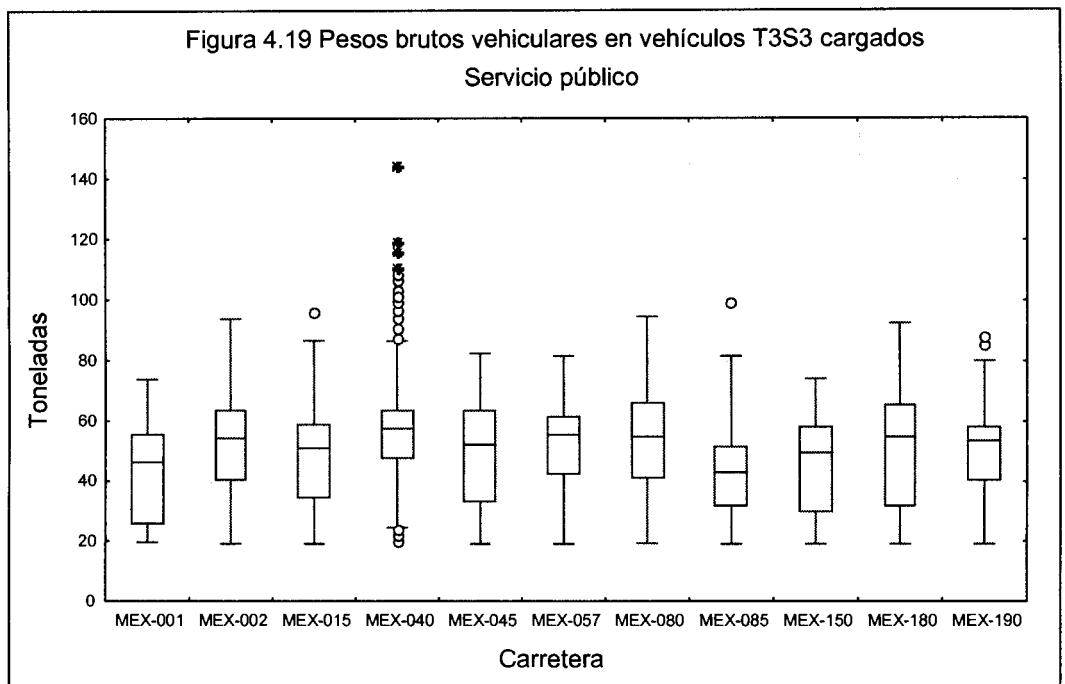
Para los T3S3 de servicio privado, el comportamiento es similar que en los de servicio público aunque los pesos máximos y las marcas del 75 percentil son menores.

Vehículos T3S2R4.

En la figura 4.20 los vehículos T3S2R4 de servicio público la marca de la mediana varía considerablemente entre carreteras ya que los menores valores se encuentran alrededor de las 60 toneladas en la MEX-002 y en la MEX-085 mientras que la mayor se encuentra en la MEX-180 con un PBV de 80 toneladas.

La marca del 75 percentil se encuentra alrededor de las 80 toneladas, destacan nuevamente las carreteras MEX-080 y MEX-180 ya que son las que tienen esa marca en un mayor tonelaje mientras que la que tuvo el menor peso para esta marca fue las MEX-085. En esta configuración los PBV más altos se encontraron en las carreteras MEX-002, MEX-080 y MEX-180.

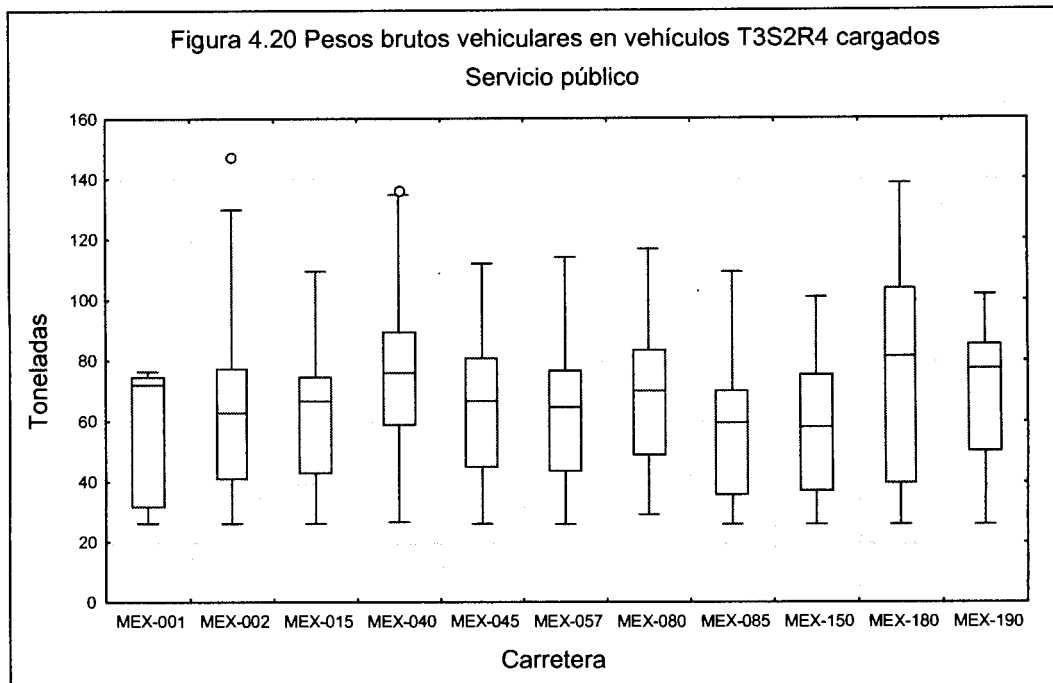
En la carretera MEX-001 se presenta una concentración de vehículos en los últimos dos cuartiles, ya que la diferencia entre la mediana y el valor máximo se tiene una diferencia aproximada de 5 toneladas mientras que entre el valor mínimo y la mediana la diferencia es de aproximadamente 40 toneladas.



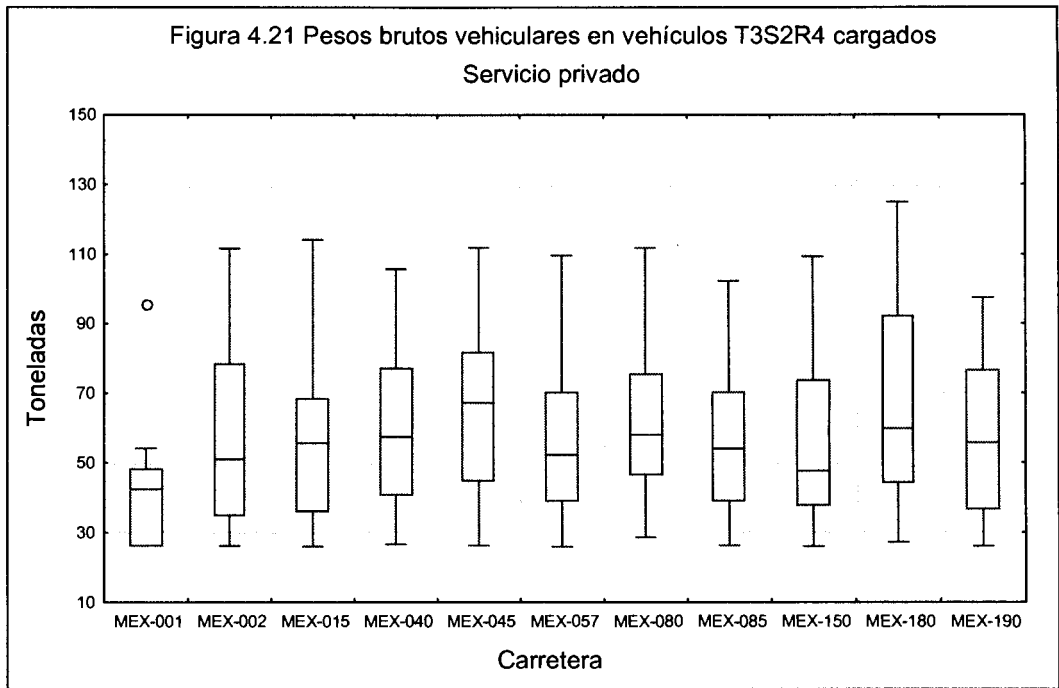
Para los vehículos T3S2R4 de servicio privado, la figura 4.21 muestra que en casi todas las carreteras la marca de la mediana se encuentra entre 50 y 60 toneladas con las excepciones de la MEX-001 y la MEX-045 con las medianas por debajo y por encima del rango antes descrito, respectivamente.

La marca del 75 percentil se encuentra entre 70 y 80 toneladas excepto las carreteras MEX-001 y la MEX-180 cuyas marcas se encuentran por una por debajo y otra por encima, respectivamente.

Los valores más altos se encontraron por encima de las 110 toneladas, nuevamente la carretera que destaca es la MEX-180 ya que el mayor PBV superó las 120 toneladas.



En la carretera MEX-001 se tuvo una gran concentración de los PBV ya que el 75% de los vehículos tuvieron PBV entre 25 y 48 toneladas (lo que significa un rango de 23 toneladas) mientras que el valor máximo se encontró alrededor de las 55 toneladas, por lo que la diferencia entre el menor y el mayor PBV fue de 30 toneladas.



Los patrones obtenidos con los diagramas de caja muestran que para todas las configuraciones, los registros de vehículos más pesados se encontraron en las carreteras MEX-180, la cual comunica la ZMCM con la parte sur del Golfo de México. Para las configuraciones de menores dimensiones también se tuvieron altos registros de PBV en la MEX-190 situada en Oaxaca, mientras que para las configuraciones de mayores dimensiones los mayores registros también se encontraron en las carreteras MEX-080, MEX-002, la primera comunica a Guadalajara con San Luis Potosí y la segunda está situada en la frontera norte del País.

En cuanto a las carreteras con menores PBV máximos, en casi todas las configuraciones destacaron las carreteras MEX-001 y MEX-085, una ubicada en la Península de Baja California mientras que la otra comunica las ciudades de Tampico y Nuevo Laredo.

4.6 Análisis de varianza para PBV de vehículos cargados

En el anexo D. se presentan los resultados de las corridas de análisis de varianza que se realizaron para verificar los comportamientos observados con las tablas de

frecuencia y los diagramas de caja. A continuación se describe el comportamiento de las medias de los PBV observado en dichas corridas

C2 grupo 1. En este primer grupo para los vehículos de servicio público se tiene que en el análisis de varianza $p=0.416$ por lo que se acepta la hipótesis de que la media y el comportamiento alrededor de ella es el mismo en todas las carreteras con un valor promedio aproximado de 2.66 toneladas.

En los vehículos de servicio privado con el análisis de varianza se rechaza la hipótesis de que las 11 carreteras tienen medias iguales pero permite encontrar dos grupos en los cuales la media y el comportamiento alrededor de ella es el mismo en las carreteras que forman cada uno de los grupos. El primer grupo está formado por las carreteras MEX-015, MEX-045, MEX-057 y MEX-050 y el segundo está formado por el resto de las carreteras. Las carreteras en las que los vehículos van más y menos cargados son la MEX-045 y la MEX-002 respectivamente.

C2 grupo 2. El análisis de varianza realizado a los vehículos de servicio público de este grupo no solo rechaza que la media de todas las carreteras es la misma sino que permite observar que en la carretera MEX-150 los vehículos van menos cargados que en el resto de las carreteras y que en la MEX-080 los vehículos van más cargados que en las demás carreteras. Otro resultado del análisis de varianza es que en el conjunto de carreteras exceptuando la MEX-015 y la MEX-180 se tiene una media promedio de 3.98 toneladas y se afirma que las carreteras tienen una media aproximadamente igual a ésta, además de un comportamiento similar alrededor de ella.

El análisis de varianza de los vehículos de servicio privado tiene resultados similares que en el caso de los de servicio público con respecto a las carreteras MEX-150 y MEX-080, en las que los vehículos van menos cargados y más cargados que en las demás carreteras, respectivamente. Tampoco se puede establecer una relación entre el conjunto de las 11 carreteras pero para el grupo formado por las carreteras MEX-001, MEX-002, MEX-040, MEX-085 y MEX-190 se puede afirmar que la media y el comportamiento

alrededor ella es el mismo en cada una de ellas, con un valor promedio aproximado de 4.00 toneladas.

C2 grupo 3. En este grupo el análisis de varianza realizado en los vehículos de servicio público permite concluir que no se podría llegar a establecer que las once carreteras tienen comportamientos iguales alrededor de la media. Sin embargo, si al conjunto formado por las carreteras MEX-002, MEX-045, MEX-057, MEX-080, MEX-150, MEX-180 y MEX-190 se les realizara un análisis de varianza se obtendría una $p > 0.05$ con lo que se aceptaría la hipótesis de que la media y el comportamiento alrededor de ella es igual en cada una de estas carreteras, con un valor promedio de 5.69 toneladas. Las carreteras MEX-001 y MEX-085 tienen un comportamiento muy diferente al resto de las carreteras es por eso que la comparación entre ellas o con las demás carreteras no tendría caso realizarla. Las carreteras en las que los vehículos van más y menos cargados son la MEX-001 y MEX-080, respectivamente.

El análisis de varianza en los vehículos de servicio privado da resultados similares que en el caso de los vehículos de servicio público con respecto a las estaciones MEX-001 y MEX-085 en las cuales su comportamiento es muy diferente al resto de las carreteras que se estudiaron, además de que el grupo formado por las carreteras en las que la media y el comportamiento alrededor de ella es el mismo en cada una de estas carreteras no varía a excepción de la carretera MEX-180 con una media promedio de 5.61 toneladas. Las carreteras en las que los vehículos van más y menos cargados son la MEX-001 y MEX-045, respectivamente.

C2 grupo 4. Al realizarse el análisis de varianza para este grupo en los vehículos de servicio público se rechaza la hipótesis de que la media y el comportamiento alrededor de ella es la misma en cada una de las carreteras pero tomando algunos grupos se puede decir que en éstos si se tienen medias y comportamiento alrededor de ella similares, los grupos están formados uno por las MEX-180 y MEX-190, otro por las MEX-015, MEX-045 y MEX-057 y otro por las MEX-001, MEX-002, MEX-040, MEX-080, MEX-085 y

MEX-150. La carretera en la que van los vehículos más cargados es la MEX-190 mientras que la que en promedio tiene los vehículos menos cargados es la MEX-040.

· Para los vehículos de servicio privado los resultados son similares a los de servicio público, ya que también se rechaza la hipótesis de que las carreteras tienen medias iguales al realizar el análisis de varianza. Si se realizara un análisis similar a un conjunto de carreteras como es el formado por las MEX-001, MEX-002, MEX-040, MEX-057 y MEX-150 y otro formado por las MEX-015, MEX-080, MEX-085, MEX-180 y MEX-190 se tendría que $p > 0.05$ y se aceptaría la hipótesis de medias iguales en las carreteras que forman cada uno de los conjuntos. En la carretera MEX-080 van los vehículos más cargados en promedio y en la MEX-002 van los menos cargados.

C3. Para los vehículos de servicio público de esta configuración se encontró como resultado del análisis de varianza que solamente se puede hacer comparación entre grupos carreteras para poder afirmar que la media y el comportamiento alrededor de ella es la misma se encontraron dos grupos. Uno de los grupos está formado por las carreteras MEX-040, MEX-045, MEX-180 y MEX-190, el otro está formado por MEX-001, MEX-002, MEX-057 y MEX-150. Otro resultado fue el conocer que en la carretera MEX-085 los vehículos van menos cargados con relación a las demás carreteras y en la MEX-080 los vehículos van más cargados que en las demás carreteras.

Para los vehículos de servicio privado se obtuvieron resultados similares que en el caso de los de servicio público, ya que también en las carreteras MEX-085 y MEX-080 los vehículos van menos cargados y más cargados que las demás carreteras, respectivamente. Con respecto a similitudes de media y distribución de los datos se encontraron algunos grupos en los que se podría decir que el comportamiento es el mismo: un primer grupo formado por la MEX-002 y la MEX-150, otro por las MEX-015, MEX-040 y MEX-057, y otro por las MEX-045, MEX-180 y MEX-190.

T3S2. Para esta configuración el resultado del análisis de varianza para los vehículos de servicio público muestra que el valor de la media y una desviación estándar de cada una

de las carreteras divide a las carreteras en dos grupos ajenos y es por eso que no se pueden establecer comparaciones entre el conjunto de las 11 carreteras. Un grupo está formado por las carreteras MEX-001, MEX-015, MEX-045, MEX-057, MEX-085 y MEX-150, de las cuales podemos tomar algunos pares y afirmar que tienen medias iguales, en este grupo la carretera MEX-085 es en la que los vehículos van menos cargados que en el resto de las carreteras; el otro grupo está formado por las restantes en el que se puede afirmar que todas las carreteras que lo forman tienen la media y el comportamiento alrededor de ella iguales. En este segundo grupo se encuentra la carretera MEX-180 en la que los vehículos van más cargados que en el resto de las carreteras.

En el caso de los vehículos de servicio privado para esta configuración el resultado del análisis de varianza nos permite afirmar que no hay forma de establecer similitudes de medias entre las 11 carreteras pero sí de algunos grupos como son los formados por las MEX-001, MEX-057, y MEX-150; las MEX-040, MEX-080 y MEX-190 y las MEX-015 y MEX-040 en los que se puede afirmar que las carreteras que los componen tienen una media y distribución alrededor la misma similar. La carretera en la que los vehículos van más cargados es la MEX-180.

T3S3. Para los vehículos de servicio público se rechaza la hipótesis de que la media y el comportamiento alrededor de ella es el mismo en todas las carreteras pero se puede afirmar para algunos pares como los formados por las carreteras MEX-001 y MEX-085, MEX-045 y MEX-190 y MEX-002 y MEX-057 se tendrían medias y distribución alrededor de ellas iguales. Para esta configuración los vehículos más cargados van en la carretera MEX-040 mientras que en la MEX-085 circulan los vehículos menos cargados.

En los vehículos de servicio privado al igual que en los de servicio público también se rechaza la hipótesis de que las 11 carreteras tienen medias iguales pero se afirma que en el grupo formado por las carreteras MEX-001, MEX-002, MEX-015, MEX-085 y MEX-190, así como en el formado por las MEX-045, MEX-080 y MEX-180 se tiene una media y distribución iguales. Para este caso, las carreteras en la que los vehículos van más y menos cargados son la MEX-150 y MEX-040 respectivamente.

T3S2R4. Para los vehículos de servicio público de esta configuración se encontraron solamente pares de carreteras como son: MEX-002 y MEX-015, MEX-085 y MEX-150, MEX-045 y MEX-057 y MEX-080 y MEX-190 en los que se puede afirmar que cada par tiene media y distribución alrededor de ésta iguales mientras que no se puede afirmar lo mismo con respecto al conjunto de las 11 carreteras; también se identificó la carretera MEX-180 en la cual circulan los vehículos más cargados que en el resto de las carreteras.

Para los vehículos de servicio privado se encontró solamente un grupo formado por las carreteras MEX-002, MEX-015, MEX-057, MEX-085, MEX-150 y MEX-190 en el que se puede afirmar que cada carretera de este grupo tiene media y distribución alrededor de ésta iguales. Lo anterior no se puede afirmar con respecto al conjunto de las 11 carreteras. Al igual que en los vehículos de servicio público, se identificó la carretera MEX-180 como aquella en la que los vehículos que circulan van más cargados.

Con las pruebas de hipótesis fue posible comprobar los patrones encontrados con los diagramas de caja, los cuales se refieren a las carreteras con mayores y menores PBV promedio.

V. DISTRIBUCIÓN DE VEHICULOS SOBRECARGADOS

Debido a que los vehículos de carga excedidos en peso producen un mayor desgaste en las carreteras sobre las que circulan a la vez que resultan más propensos a involucrarse en accidentes viales, se hizo necesario regular los pesos máximos permitidos de acuerdo con la configuración vehicular de que se trate.

La tabla 5.1 muestra los pesos brutos vehiculares máximos permitidos en las carreteras tipo A2 y A4 que se consideraron para el análisis de vehículos sobrecargados entre los años 1991 y 1997.

Tabla 5.1 Pesos brutos vehiculares máximos permitidos (en toneladas) en carreteras A2 y A4

Configuración	Peso máximo (antes de 1997)	Peso máximo (1997)
C2	15.5	17.5
C3	23.5	26
T3S2	41.5	44
T3S3	46	48.5
T3S2R4	77.5	72.5 ¹

De acuerdo con la tabla anterior se elaboraron tablas de frecuencia para identificar las proporciones presentadas de vehículos excedidos para cada una de las cinco configuraciones vehiculares en las estaciones de encuesta.

5.1 Frecuencia de los vehículos sobrecargados en las estaciones de encuesta.

Para los vehículos C2 sobrecargados en las estaciones de encuesta, la tabla 5.2 muestra que casi el 70% de las estaciones tuvieron menos del 6% de vehículos excedidos en peso aunque esto puede deberse a la gran variedad de vehículos C2 que van desde

¹ De acuerdo con la NOM-012-SCT-2-1995, el peso bruto vehicular máximo autorizado para los T3S2R4 es de 66.50 toneladas. Sin embargo, el peso podrá incrementarse hasta 72.5 toneladas por un período de cinco años si cuentan con un sistema auxiliar de frenos independiente del sistema de balatas, posteriormente el peso deberá ajustarse al valor indicado de 66.5 toneladas.

vehículos con taras menores a una tonelada hasta vehículos con taras de siete toneladas. Sin embargo, hubo caso extremos con más de 30% de vehículos C2 sobrecargados.

Tabla 5.2 Frecuencias de proporciones de vehículos C2 sobrecargados por estación de encuesta

Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$X \leq 0.06$	63	63	69.23%	69.23%
$0.06 < X \leq 0.12$	20	83	21.98%	91.21%
$0.12 < X \leq 0.18$	6	89	6.59%	97.80%
$0.18 < X \leq 0.24$	1	90	1.10%	98.90%
$0.24 < X \leq 0.30$	0	90	0.00%	98.90%
$0.30 < X \leq 0.36$	1	91	1.10%	100.00%

En lo referente a los vehículos C3, casi el 40% de las estaciones tuvo una proporción de sobrecargados menor al 16%. Los intervalos de frecuencia correspondientes a las proporciones mayores al 16% comprendieron una gran cantidad de estaciones de tal manera que, aunque el 95% de estaciones tuvieron proporciones de sobrecargados inferiores al 40%, el 5% restante de las estaciones cayó en el intervalo entre el 40% y el 48% de vehículos excedidos (tabla 5.3).

Tabla 5.3 Frecuencias de proporciones de vehículos C3 sobrecargados por estación

Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$X \leq 0.08$	15	15	16.48%	16.48%
$0.08 < X \leq 0.16$	20	35	21.98%	38.46%
$0.16 < X \leq 0.24$	22	57	24.18%	62.64%
$0.24 < X \leq 0.32$	25	82	27.47%	90.11%
$0.32 < X \leq 0.40$	6	88	6.59%	96.70%
$0.40 < X \leq 0.48$	3	91	3.30%	100.00%

La tabla 5.4 se refiere a las frecuencias con que las estaciones de encuesta tuvieron determinadas proporciones de vehículos T3S2 sobrecargados. En esta tabla se puede observar que el 25% de las estaciones tuvo menos del 10% de T3S2 sobrecargados,

mientras que en alrededor del 50% de las estaciones este porcentaje fue menor al 20%. Para esta configuración la marca del 95 percentil de las estaciones se encuentra en el 40% de vehículos excedidos, mientras que el 5% restante tuvo proporciones de vehículos excedidos de hasta 60%.

Tabla 5.4 Frecuencias de proporciones de vehículos T3S2 sobrecargados por estación

Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$X \leq 0.1$	23	23	25.27%	25.27%
$0.1 < X \leq 0.2$	25	48	27.47%	52.75%
$0.2 < X \leq 0.3$	25	73	27.47%	80.22%
$0.3 < X \leq 0.4$	14	87	15.38%	95.60%
$0.4 < X \leq 0.5$	3	90	3.30%	98.90%
$0.5 < X \leq 0.6$	1	91	1.10%	100.00%

La tabla 5.5 muestra las frecuencias en que las estaciones de encuesta tuvieron un porcentaje de vehículos T3S3 excedidos en peso. Para esta configuración, solamente el 5% de las estaciones tuvo un porcentaje menor al 17% de vehículos excedidos. El intervalo que contiene más de la mitad de estaciones y con el que se alcanza el 75% de las mismas se encuentra entre 33 y 50%, mientras que otro 20% de estaciones se situó en el intervalo entre 50% y 67% de vehículos excedidos. Se encontraron estaciones con más del 98% de T3S3 excedidos en peso aunque esto pudiera deberse a que en algunas estaciones el tránsito de este tipo de vehículos fue muy bajo.

En los que se refiere a los vehículos T3S2R4, la tabla 5.6 muestra las frecuencias de proporciones de vehículos sobrecargados. En esta tabla se puede observar que casi el 40% de las estaciones no rebasa el 13% de vehículos sobrecargados, mientras que el 95% de las estaciones tiene menos del 53% de vehículos excedidos. El restante 5% se refiere a casos atípicos en que se tuvieron estaciones con hasta el 80% de vehículos excedidos en peso.

Tabla 5.5 Frecuencias de proporciones de vehículos T3S3 sobrecargados por estación

Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$X \leq 0.17$	5	5	5.56%	5.56%
$0.17 < X \leq 0.33$	14	19	15.56%	21.11%
$0.33 < X \leq 0.5$	50	69	55.56%	76.67%
$0.33 < X \leq 0.50$	50	69	55.56%	76.67%
$0.50 < X \leq 0.67$	19	88	21.11%	97.78%
$0.67 < X \leq 0.83$	1	89	1.11%	98.89%
$0.83 < X \leq 1.00$	1	90	1.11%	100.00%

Tabla 5.6 Frecuencias de proporciones de vehículos T3S2R4 sobrecargados por estación

Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$X \leq 0.13$	35	35	39.33%	39.33%
$0.13 < X \leq 0.27$	24	59	26.97%	66.29%
$0.27 < X \leq 0.40$	22	81	24.72%	91.01%
$0.40 < X \leq 0.53$	4	85	4.49%	95.51%
$0.53 < X \leq 0.67$	3	88	3.37%	98.88%
$0.67 < X \leq 0.80$	1	89	1.12%	100.00%

5.2 Distribución geográfica de los vehículos sobrecargados.

Vehículos C2.

El 70% de las estaciones de encuesta tuvo porcentajes de sobrecargados menores al 6% (tabla 5.2), estas estaciones se encuentran repartidas en todo el territorio nacional por lo que no se puede identificar un patrón geográfico respecto a este intervalo de frecuencia. Las estaciones comprendidas en el siguiente intervalo (entre 6% y 13% de sobrecargados) se encuentran principalmente en el Golfo de México. Las dos estaciones con mayores proporciones de sobrecargados se encuentran en la carretera México – Acapulco y en la Península de Yucatán (figura 5.1).

Los C2 sobrecargados dedicados al servicio público y al servicio privado tienen un comportamiento muy parecido al del caso general.

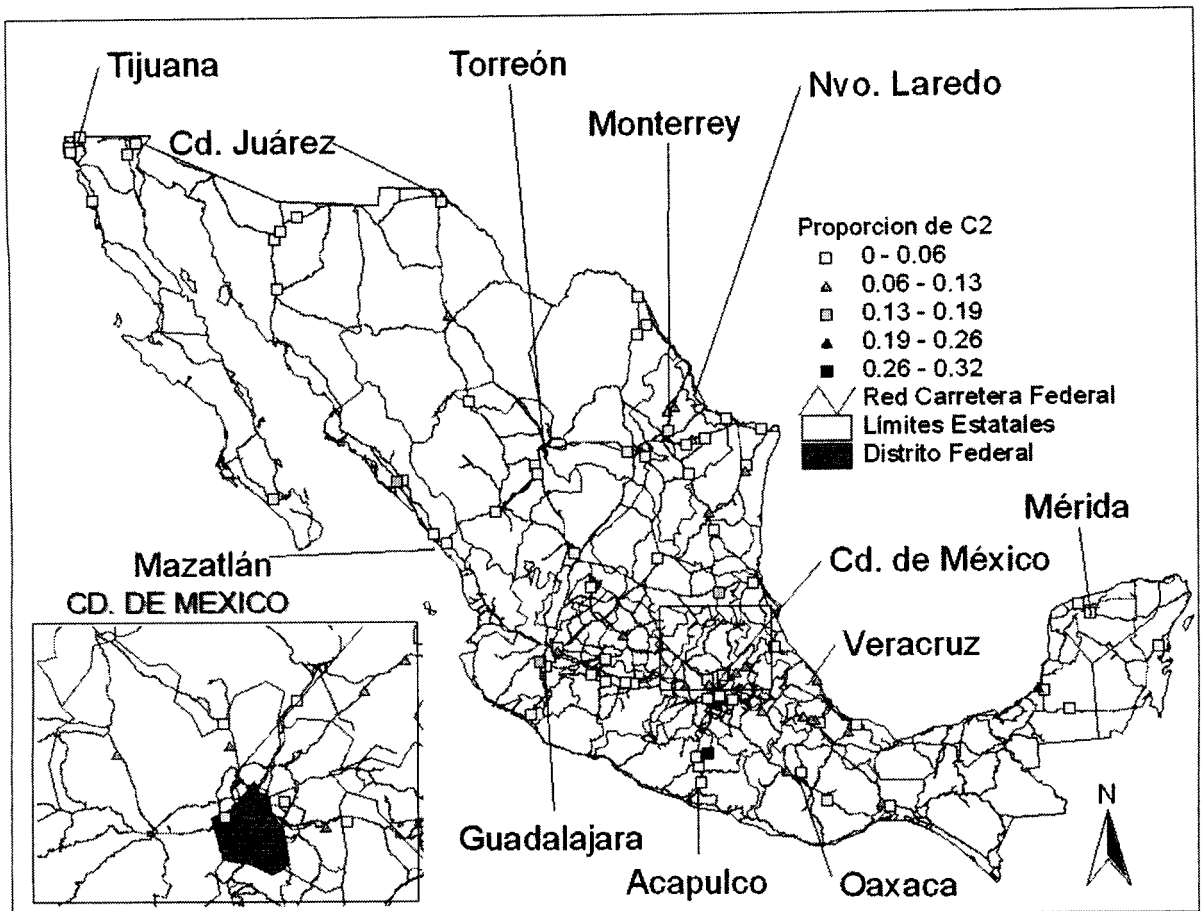


Figura 5.1 Proporciones de C2 sobrecargados en estaciones de encuesta.

Vehículos C3.

Para esta configuración se tiene que, con excepción de estaciones situadas en las cercanías de las ciudades de Chihuahua, Torreón, Saltillo y Tijuana, en todo el norte del País las estaciones de encuesta tuvieron porcentajes de sobrecargados inferiores al 20% y se pueden identificar grupos de estaciones situadas en el noreste y en el Pacífico en donde los porcentajes de sobrecargados fueron menores al 12%. En el centro del País predominan las estaciones con proporciones entre el 20% y el 30% mientras que las estaciones con mayores proporciones de sobrecargados se encuentran en Guadalajara, Oaxaca y Yucatán, seguidas del Golfo y el Istmo (figura 5.2).

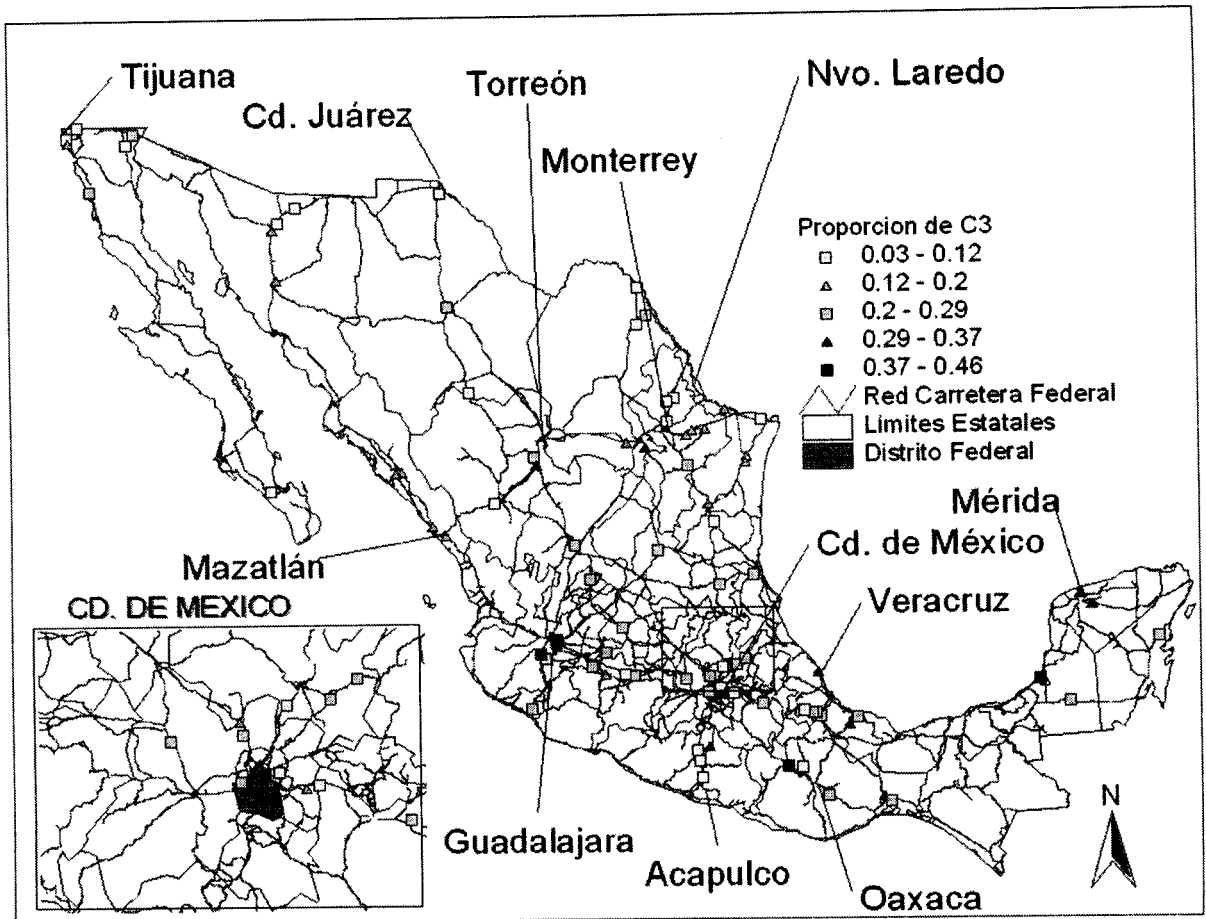


Figura 5.2 Proporciones de C3 sobrecargados en estaciones de encuesta.

Al igual que en el caso de los vehículos C2, la distribución de los distintos intervalos de proporciones de C3 sobrecargados dedicados al servicio y al servicio privado fue muy similar a la presentada en el caso general de los C3.

Vehículos T3S2.

Como ya se vio en la tabla 5.4 las proporciones en las estaciones varían entre 0 y 60% de vehículos sobrecargados. A pesar de las diferencias en el rango de proporción de sobrecargados entre C3 y T3S2 (tablas 5.4 y 5.5), al dividir el rango de variación de los T3S2 sobrecargados en seis intervalos de frecuencia, el comportamiento de éstos es muy similar al de los vehículos C3.

En esta configuración, las proporciones de vehículos de servicio público es muy similar a la de los T3S2 en general. Sin embargo, para los vehículos dedicados al servicio privado el comportamiento es diferente. Como se puede observar en la figura 5.3, en los T3S2 dedicados al servicio privado, las estaciones con mayores proporciones de sobrecargados se encuentran en la carretera México – Acapulco y en la Península de Yucatán. El intervalo más frecuente abarca las estaciones con proporciones entre 11% y 22%, las cuales se encuentran principalmente en el Norte y en la costa del Pacífico (Guadalajara – Tijuana) seguido del Centro del País. Las estaciones con menores proporciones de vehículos de servicio privado sobrecargados se encontraron principalmente a lo largo de la frontera Norte y en el Noreste del País.

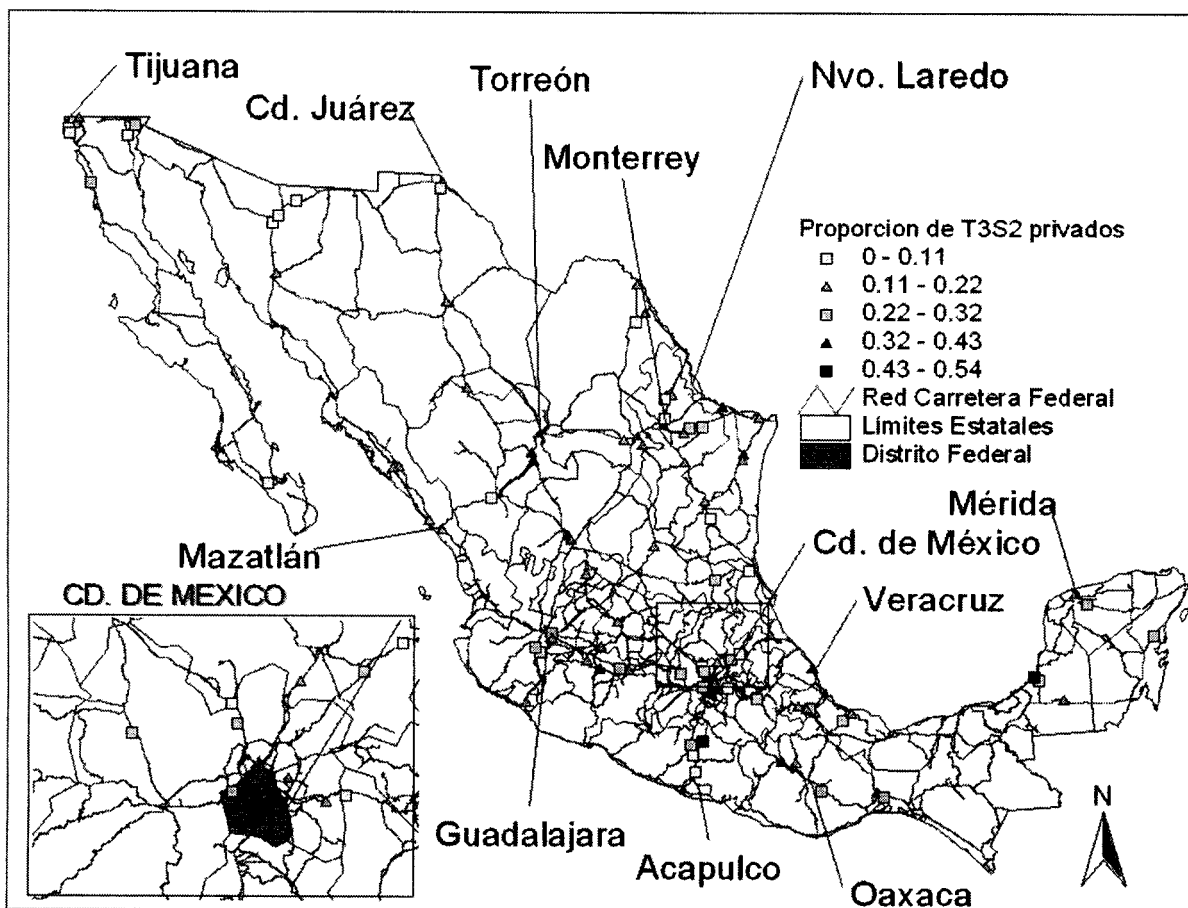


Figura 5.3 Proporciones de T3S2 sobrecargados utilizados para el servicio privado en estaciones de encuesta.

Vehículos T3S3.

De acuerdo con la figura 5.4, el intervalo de frecuencia con el mayor número de estaciones es el correspondiente a proporciones entre 40% y 60% de vehículos sobrecargados, estas estaciones se encuentran distribuidas en casi todo el País, el segundo intervalo más frecuente comprende las estaciones con porcentajes entre 20 % y 40 % de vehículos sobrecargados, estas estaciones se encuentran ubicadas principalmente en la carretera entre México y Tampico así como en el Noroeste del País. Las estaciones con mayor porcentaje de vehículos sobrecargados se encuentran en las cercanías de Guadalajara, Tijuana, Saltillo, Coahuila y Morelia, esta última es la que mayor porcentaje de sobrecargados tiene.

La distribución de estaciones de acuerdo con las proporciones de T3S3 sobrecargados que son utilizados en el servicio público y en el servicio privado es muy similar a la observada en la figura 5.4 referente a la totalidad de T3S3 sobrecargados.

Vehículos T3S2R4.

El intervalo de frecuencia con más estaciones fue el correspondiente a proporciones menores a 16% de vehículos T3S2R4 sobrecargados, estas estaciones se encuentran ubicadas en todo el País, aunque se nota cierto predominio en el Noroeste y el Centro, seguidos del Sur del País (figura 5.5). El segundo intervalo más frecuente corresponde a las estaciones con proporciones entre 16% y 32% de vehículos sobrecargados, estas estaciones se encuentran situadas principalmente en el Centro y en el Noreste del País. Las estaciones con mayores porcentajes de sobrecargados se encuentran en la Península de Yucatán, el Golfo de México y en los estados de Oaxaca y Michoacán, al igual que con los T3S3, esta última es la que cuenta con el mayor porcentaje de T3S2R4 sobrecargados.

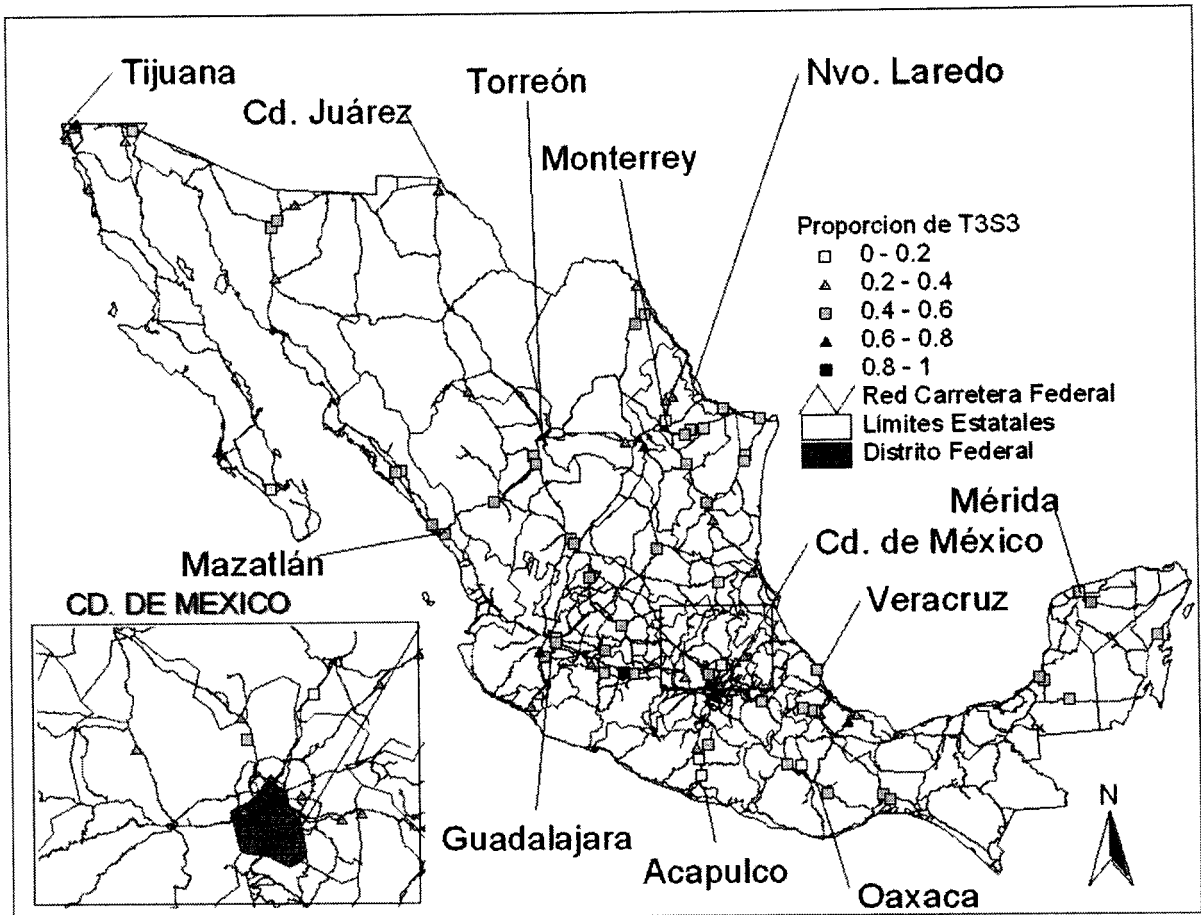


Figura 5.4 Proporciones de T3S3 sobrecargados en estaciones de encuesta.

En cuanto a las proporciones de T3S2R4 sobrecargados utilizados para el servicio público, su distribución es muy similar al de la totalidad de T3S2R4. Sin embargo, existen estaciones aisladas en que se incrementaron las proporciones de sobrecargados en Tijuana, Oaxaca, Reynosa y Guadalajara.

Para los T3S2R4 sobrecargados de servicio privado, la mayor parte de las estaciones tuvo proporciones menores al 16%, las cuales se repartieron a lo largo del País, por lo que se puede decir que para la mayoría de las estaciones los T3S2R4 de servicio privado tuvieron proporciones menores de sobrecargados que los de servicio público. Por otra parte, las estaciones situadas en el Bajío, Golfo de México, Istmo de Tehuantepec y en Baja California presentaron proporciones de sobrecargados en un intervalo entre 16% y 32%. Los valores más altos se encontraron en la Península de Yucatán, Oaxaca, Michoacán y el valor extremo se encontró en la carretera entre Monterrey y Reynosa.

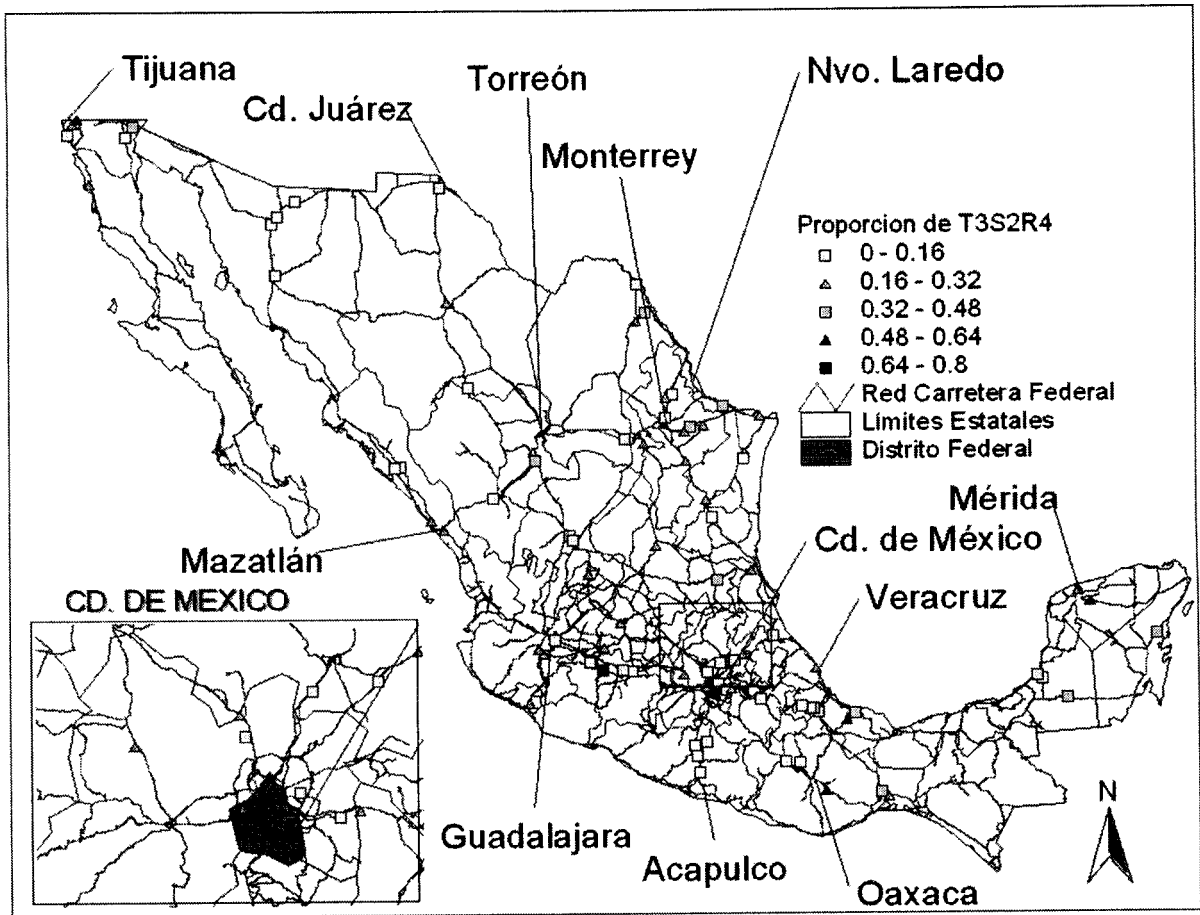


Figura 5.5 Proporciones de T3S2R4 sobrecargados en estaciones de encuesta.

En los mapas anteriores se pudo observar que, independientemente de las configuraciones vehiculares, las estaciones ubicadas en la Península de Yucatán, en el Occidente y en la costa sur del Golfo de México se tuvieron los mayores porcentajes de vehículos sobrecargados, mientras que en el norte es en donde se tuvieron los menores porcentajes.

5.3 Comparación de porcentajes de vehículos sobrecargados en el período 1997 contra 1991 – 1996.

Debido a que las estaciones ubicadas en el año de 1997 no necesariamente correspondieron a las mismas zonas o carreteras que las estaciones de los años anteriores, para la realizar la comparación entre las proporciones de vehículos sobrecargados se utilizaron tablas de frecuencia para cada una de las cinco configuraciones vehiculares más frecuentes.

Vehículos C2. En la tabla 5.7 se muestran las frecuencias con las que las estaciones de encuesta cayeron dentro de los intervalos de proporciones de C2 sobrecargados para los períodos 1991-1996 y 1997. En la tabla se puede observar que hubo una mayor proporción de sobrecargados en el período 1991-1996 que en 1997 ya que en el primer período las proporciones llegaron hasta un 40 %, a un 85% tuvieron menos del 10% de sobrecargados, mientras que en 1997 las estaciones no alcanzaron el 10% de sobrecargados.

Tabla 5.7

Frecuencias de proporciones de C2 sobrecargados 1991-1996				
Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.00 \leq X < 0.10$	61	61	0.86	0.86
$0.10 \leq X < 0.20$	9	70	0.13	0.99
$0.20 \leq X < 0.30$	0	70	0.00	0.99
$0.30 \leq X < 0.40$	1	71	0.01	1.00
Frecuencias de proporciones de C2 sobrecargados 1997				
Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.00 \leq X < 0.02$	12	12	0.60	0.60
$0.02 \leq X < 0.04$	2	14	0.10	0.70
$0.04 \leq X < 0.06$	4	18	0.20	0.90
$0.06 \leq X < 0.08$	1	19	0.05	0.95
$0.08 \leq X < 0.10$	1	20	0.05	1.00

Vehículos C3. Al igual que en los C2, para los C3 sobrecargados las proporciones fueron mayores en el primer período, ya que hubo estaciones con de hasta casi 50% de vehículos sobrecargados mientras que en 1997 no rebasaron el 40%. Por otra parte, mientras que en 1997 el 40% de las estaciones tuvo proporciones al 10% de sobrecargados, en el período anterior solo el 20% de estaciones se encontró en ese mismo rango (tabla 5.8).

Tabla 5.8

Frecuencias de proporciones de C3 sobrecargados 1991-1996				
Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.00 \leq X < 0.10$	13	13	0.18	0.18
$0.10 \leq X < 0.20$	21	34	0.30	0.48
$0.20 \leq X < 0.30$	28	62	0.39	0.87
$0.30 \leq X < 0.40$	6	68	0.08	0.96
$0.40 \leq X < 0.50$	3	71	0.04	1.00
Frecuencias de proporciones de C3 sobrecargados 1997				
Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.00 \leq X < 0.10$	8	8	0.40	0.40
$0.10 \leq X < 0.20$	4	12	0.20	0.60
$0.20 \leq X < 0.30$	6	18	0.30	0.90
$0.30 \leq X < 0.40$	2	20	0.10	1.00

Vehículos T3S2. Al igual que con las configuraciones anteriores, en el período 1991-1996 se tuvieron estaciones con mayores proporciones de sobrecargados que en 1997. Mientras que en 1997 menos del 50% de estaciones no rebasaron el 10% de sobrecargados, en el primer período el límite superior del intervalo correspondiente al 50 percentil fue de 20%. Por otra parte, en el primer período el límite superior de proporciones fue de 60% mientras que en 1997 fue de 40% (Tabla 5.9).

Vehículos T3S3. En la tabla 5.10 se presentan las frecuencias con las que las estaciones de encuesta cayeron dentro de los intervalos de proporciones de T3S3 sobrecargados. Nuevamente se tuvieron estaciones con mayores proporciones en el período 1991-1996 que en 1997. En la tabla se puede observar que mientras en el primer período el 30% de las estaciones tuvieron proporciones de sobrecargados mayores al 50% y hubo casos hasta con casi la totalidad de T3S3 sobrecargados, para 1991 solamente el 15% de las estaciones tuvieron proporciones mayores al 50% y la estación con mayor proporción de sobrecargados no rebasó el 65%.

Tabla 5.9

Frecuencias de proporciones de T3S2 sobrecargados 1991-1996				
Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.00 \leq X < 0.10$	14	14	0.20	0.20
$0.10 \leq X < 0.20$	22	36	0.31	0.51
$0.20 \leq X < 0.30$	21	57	0.30	0.80
$0.30 \leq X < 0.40$	10	67	0.14	0.94
$0.40 \leq X < 0.50$	3	70	0.04	0.99
$0.50 \leq X < 0.60$	1	71	0.01	1.00
Frecuencias de proporciones de T3S2 sobrecargados 1997				
Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.00 \leq X < 0.10$	9	9	0.45	0.45
$0.10 \leq X < 0.20$	3	12	0.15	0.60
$0.20 \leq X < 0.30$	4	16	0.20	0.80
$0.30 \leq X < 0.40$	4	20	0.20	1.00

Tabla 5.10

Frecuencias de proporciones de T3S3 sobrecargados 1991-1996				
Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.00 \leq X < 0.250$	2	2	0.03	0.03
$0.25 \leq X < 0.50$	47	49	0.67	0.70
$0.50 \leq X < 0.75$	20	69	0.29	0.99
$0.75 \leq X \leq 1.00$	1	70	0.01	1.00
Frecuencias de proporciones de T3S3 sobrecargados 1997				
Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
$0.00 \leq X < 0.07$	1	1	0.05	0.05
$0.07 \leq X < 0.21$	4	5	0.20	0.25
$0.21 \leq X < 0.36$	6	11	0.30	0.55
$0.36 \leq X < 0.50$	6	17	0.30	0.85
$0.50 \leq X < 0.65$	3	20	0.15	1.00

Vehículos T3S2R4. La figura 5.11 se refiere a las frecuencias con las que las estaciones tuvieron determinadas proporciones de vehículos T3S2R4 sobrecargados. Para esta configuración, nuevamente en el primer período se tuvieron estaciones en las que casi la totalidad de los T3S2R4 estuvieron sobrecargados, mientras que en 1997 la estación con mayor proporción de vehículos sobrecargados no alcanzó el 65%. Sin embargo, en el período 1991-1996 el 40% de estaciones superaron el 20% de sobrecargados mientras que en 1997 más del 60% de estaciones rebasó esta cantidad.

Tabla 5.11

Frecuencias de proporciones de T3S2R4 sobrecargados 1991-1996				
Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
0.00 ≤ X < 0.20	41	41	0.59	0.59
0.20 ≤ X < 0.40	23	64	0.33	0.91
0.40 ≤ X < 0.60	4	68	0.06	0.97
0.60 ≤ X < 0.80	1	69	0.01	0.99
0.80 ≤ X < 1.00	1	70	0.01	1.00
Frecuencias de proporciones de T3S2R4 sobrecargados 1997				
Intervalo	Estaciones	Acumulado	Porcentaje	Acumulado
0.00 ≤ X < 0.06	4	4	0.21	0.21
0.06 ≤ X < 0.20	3	7	0.16	0.37
0.20 ≤ X < 0.34	7	14	0.37	0.74
0.34 ≤ X < 0.48	3	17	0.16	0.89
0.48 ≤ X < 0.61	2	19	0.11	1.00

5.4 Proporciones de vehículos sobrecargados en carreteras usando los valores máximos permitidos para 1997.

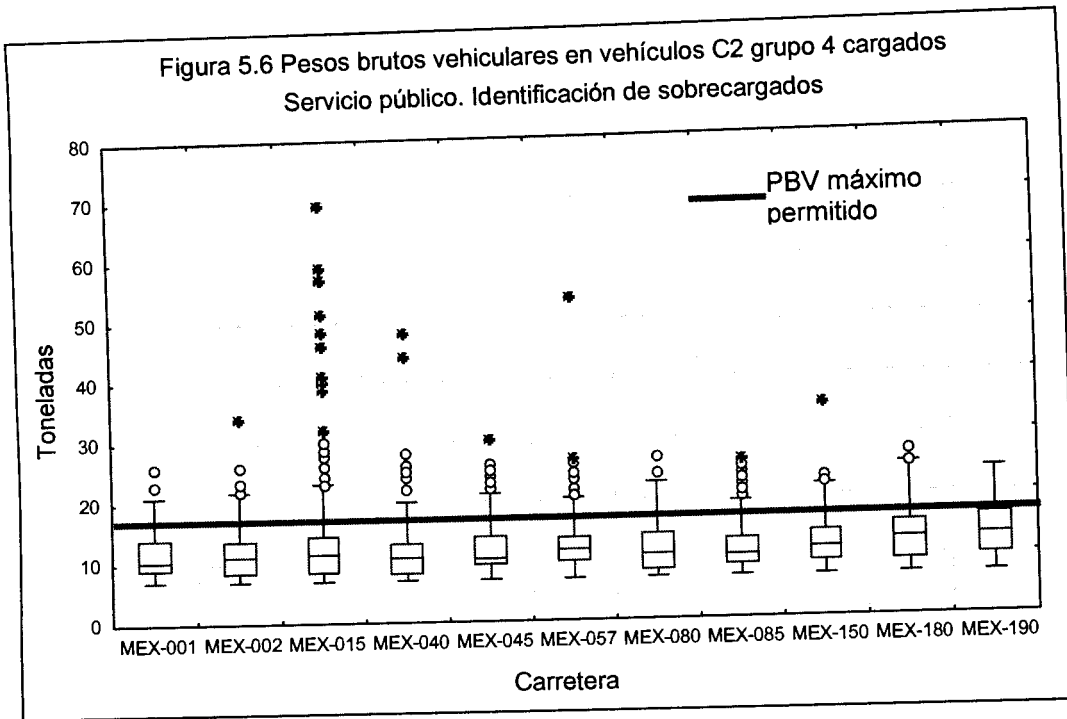
Vehículos C2 excedidos en PBV.

La figura 5.6 es un un diagrama de caja que muestra en términos de cuartiles la distribución de los PBV de los vehículos C2 grupo 4 de servicio público cargados. Esta figura tiene una línea que representa el límite de PBV para los vehículos C2 de 17.5 toneladas para la mayoría de las carreteras se sobrepaso en casos extremos. Sin embargo, existen carreteras (principalmente la MEX-015, la MEX-080, la MEX-180 y la MEX-190) en las que se nota una mayor proporción de vehículos sobrecargados que en el resto de las carreteras.

Con excepción de las cuatro carreteras arriba mencionadas, la marca del 100 se encuentra alrededor de las 20 toneladas, un poco por encima de la línea roja situada en 17.5 toneladas, lo que indica que los vehículos más pesados en estas carreteras (sin casos atípicos) se pasan en 2.5 toneladas. En las cuatro estas cuatro carreteras la marca del 100% está muy próxima a las 25 toneladas por lo que en estas carreteras van los C2 más cargados.

En casi todas las carreteras la marca del 75 percentil se encuentra alrededor de las 15 toneladas, lo que quiere decir que el 25% restante de los vehículos estuvo por encima de ese peso y que menos de ese porcentaje estuvo excedido en peso. Para las carreteras MEX-180 y MEX-190 la marca del 75 percentil casi coincide con la línea que limita el PBV permitido por lo que en estas carreteras prácticamente el 25% de los C2 grupo 4 se encontró excedido en peso.

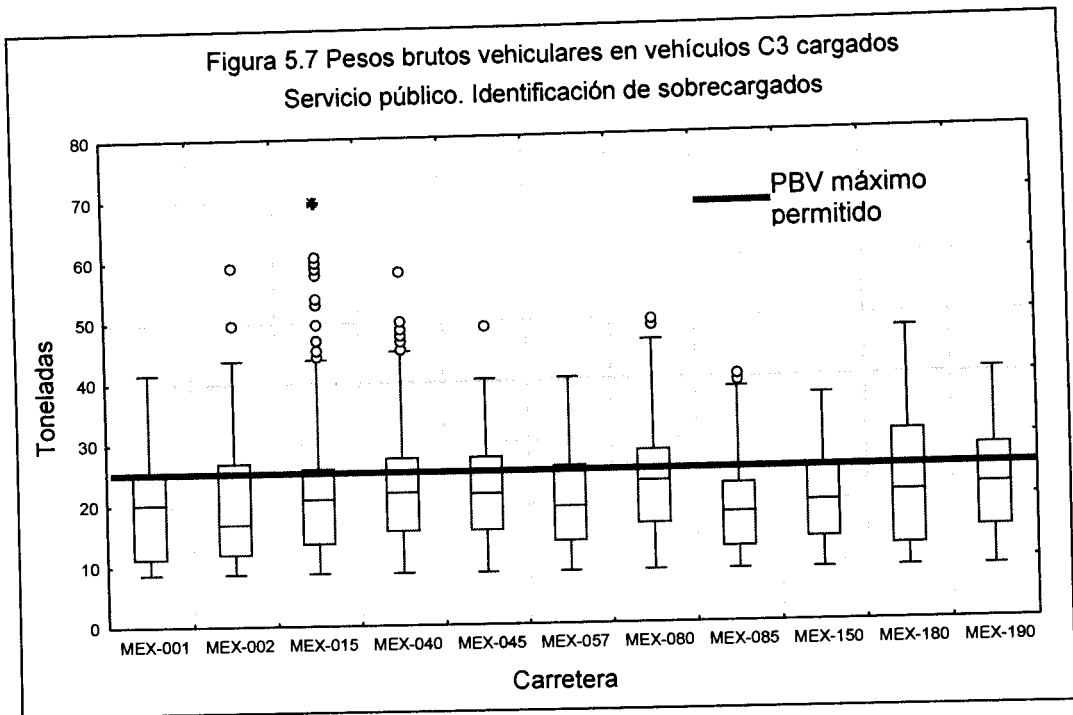
Para los C2 grupo 4 de servicio privado excedidos en PBV el comportamiento es muy similar al de los de servicio público aunque las marcas de la mediana y del 75 percentil son un poco menores.



Vehículos C3 excedidos en PBV.

Para los vehículos utilizados en el servicio público de esta configuración vehicular, la figura 5.7 permite observar que en casi todas las carreteras la marca que indica el 100% de los vehículos se encuentra alrededor de las 40 toneladas, peso que supera ampliamente el límite máximo permitido de 26 toneladas. En la misma figura se observa que la marca del 75 percentil se encuentra muy cerca de la línea que limita a los vehículos sobrecargados, por lo que casi el 25% de los vehículos van sobrecargados. Esta situación se acentúa en las carreteras MEX-080 (Guadalajara – San Luis Potosí) y MEX-180 (Golfo Sur) en las que la marca de la mediana se encuentra alrededor del límite máximo, lo que indica que entre un 50% y 25% restante de vehículos se encuentra excedido en peso.

El comportamiento porcentual es similar para los vehículos utilizados para el servicio privado.



Vehículos T3S2 excedidos en PBV.

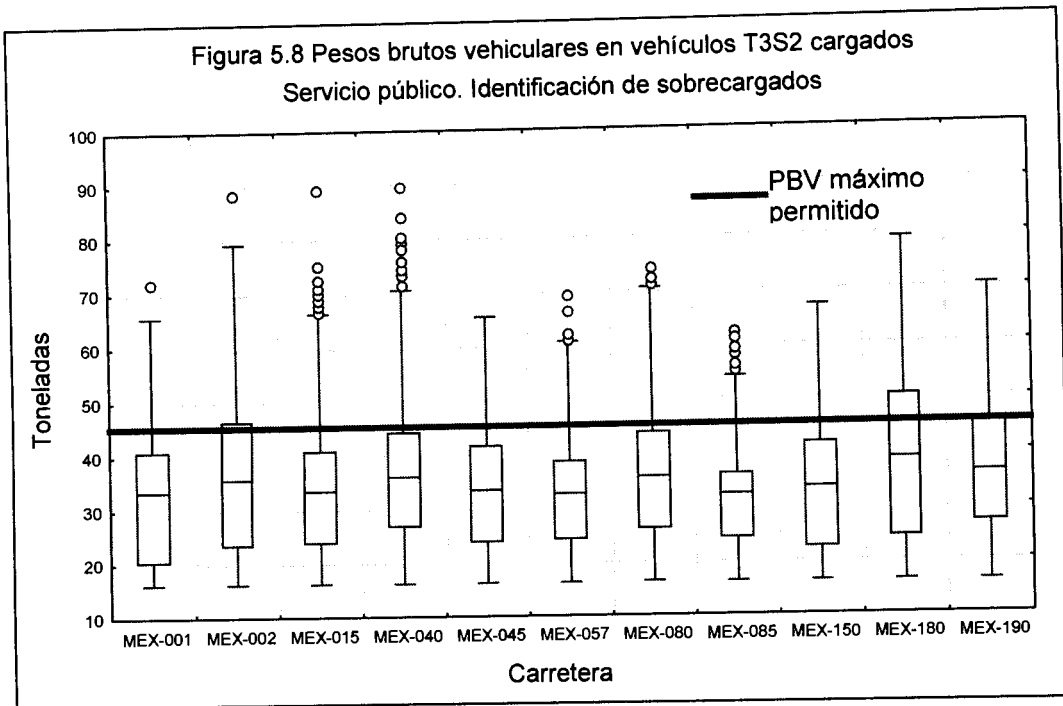
De acuerdo con la figura 5.8, para los T3S2 de servicio público en casi todas las carreteras la marca del 75 percentil se encuentra alrededor de las 40 toneladas, cifra que es muy cercana al límite máximo de PBV de 44 toneladas.

Al igual que con la configuración C3, destaca como caso extremo el de la carretera MEX-180, en donde la marca del 75 percentil se encuentra por encima del límite máximo permitido, lo que indica que en esta carretera más del 25% de los T3S2 circula con exceso de peso.

Destacan además las carreteras MEX-002, MEX-040, MEX-080 y MEX-190 en donde la marca del 75 percentil se encuentra más cerca al límite máximo permitido que en el resto de las carreteras, por lo que se puede decir que en estas carreteras casi el 25% de los vehículos circulan sobrecargados.

La marca que indica el 100% de los vehículos en casi todas las carreteras estuvo entre 60 y 70 toneladas, cifra muy superior al límite permitido, como caso extremo

nuevamente se encuentran las carreteras MEX-002 y MEX-180 en las que los vehículos más pesados alcanzaron las 80 toneladas de PBV.



Para los T3S2 de servicio privado, la marca del 75% se encuentra muy próxima al límite máximo permitido de PBV, por lo que prácticamente el 25% de estos vehículos que circulan en las carreteras van excedidos en peso. Para las carreteras MEX-180 y MEX-190, la marca del 75 percentil supera las 50 toneladas, por lo que más del 25% va excedido en peso. Las marcas que indican la totalidad de las observaciones se encuentran entre 60 y 70 toneladas, por lo que los vehículos de servicio privado más pesados tuvieron 10 toneladas menos que los más pesados de servicio público.

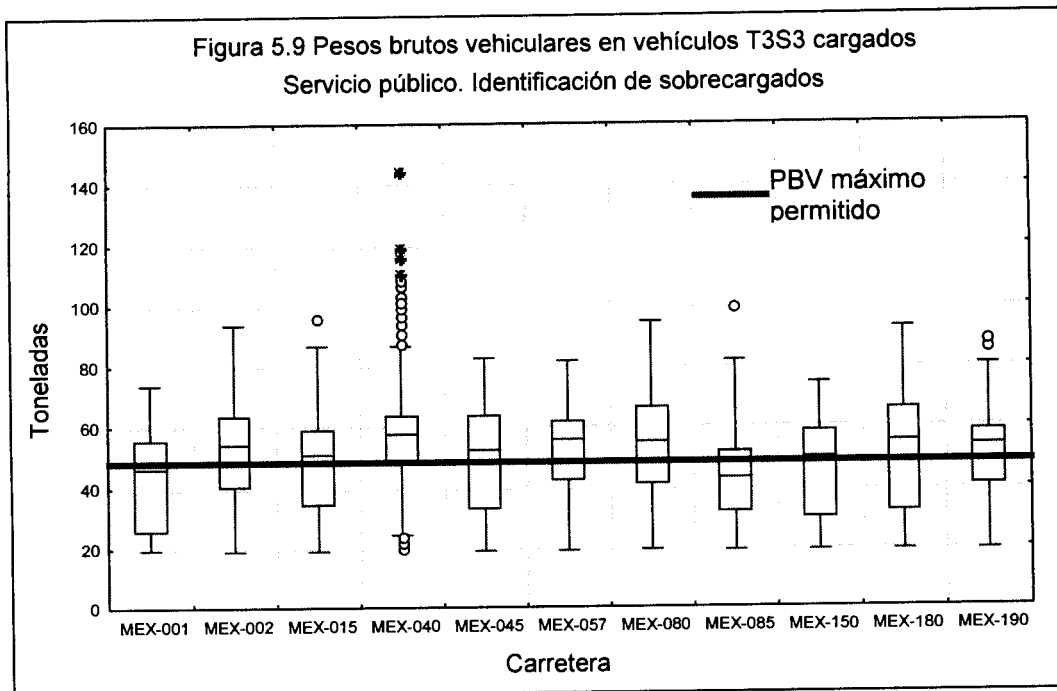
Vehículos T3S3 excedidos en PBV.

Con excepción de las carreteras MEX-085 en que aproximadamente el 25% de los T3S3 de servicio público se encuentran excedidos en peso, en las demás carreteras la mediana se encuentra muy cercana al límite máximo permitido de PBV de 48.5 toneladas, lo que significa que aproximadamente el 50% de los vehículos de esta configuración circularon con exceso de peso (figura 5.9).

El caso extremo se da en la MEX-040, ya que la marca del primer cuartil coincide con línea que indica el PBV máximo permitido para esta configuración, esto significa que para esta carretera el 75% de los vehículos encuestados estuvieron excedidos en peso.

En la figura 5.9 puede observarse también que la marca del 75 percentil se encuentra alrededor de las 60 toneladas, mientras que la marca del 100% casi en todos los casos superó las 80 toneladas, esto quiere decir que aproximadamente un 25% de los T3S3 tuvo un PBV mayor a 60 toneladas y que en casi todas las carreteras los valores máximos de PBV superaron las 80 toneladas, pesos que superan por mucho el límite máximo permitido para esta configuración vehicular.

Para los T3S3 de servicio privado para todas las carreteras (incluyendo la MEX-085) la marca de la mediana estuvo muy cercana al límite máximo permitido. Al igual que para los de servicio público, en la MEX-040, casi el 75% de los vehículos estuvieron excedidos en PBV.



Vehículos T3S2R4 excedidos en PBV.

La figura 5.10 se refiere a los T3S2R4 de servicio público, la línea que limita los PBV máximos permitidos para efectos de este análisis se ubicó en las 77.5 toneladas. En esta figura se pueden apreciar dos grupos de carreteras, el primero formado por las carreteras MEX-002, MEX-015, MEX-057, MEX-085 y MEX-150 en el que la marca del 75 percentil se encuentra muy cercano al límite permitido de PBV mientras que el segundo grupo, el cual estuvo formado por las carreteras MEX-001, MEX-040, MEX-045, MEX-080, MEX-180 y MEX-190, en el que el límite máximo permitido estuvo más próximo a la mediana, por lo que en este segundo grupo alrededor de la mitad de los vehículos encuestados estuvieron excedidos en peso.

El caso de las carreteras MEX-180 y MEX-190 destaca debido a que la marca de la mediana estuvo en 80 toneladas, lo que quiere decir que la mitad de los vehículos excedieron esta cantidad que en sí es muy superior al límite permitido.

El caso extremo se encuentra nuevamente en la carretera MEX-180, ya que la marca del 75 percentil se encuentra en las 100 toneladas, por lo que más del 25% tienen un PBV mayor a 100 toneladas, lo cual es muy por encima del límite máximo superior.

Si para esta configuración se hubiese utilizado el límite de 66.5 toneladas (peso máximo permitido originalmente en la norma oficial sobre el peso y dimensiones máximas), el resultado sería de que para todas las carreteras al menos la mitad de los vehículos cargados estarían excedidos en PBV.

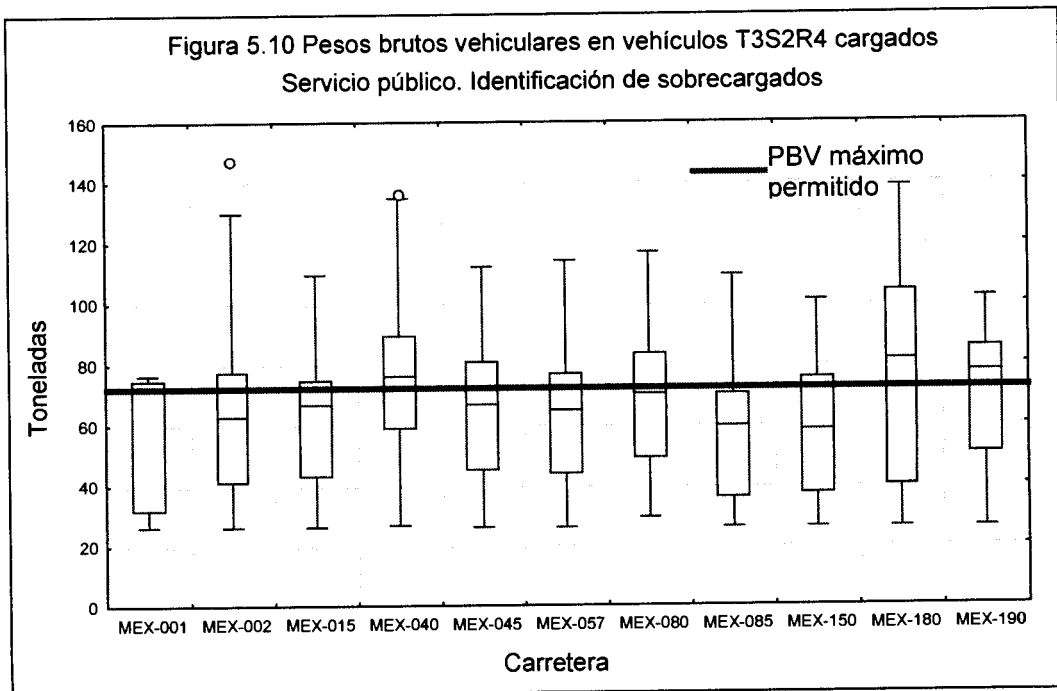
Para el caso de los T3S2R4 utilizados para el servicio privado, para casi todas las carreteras la marca del 75 percentil se ubicó muy cercana al límite máximo permitido, por lo que se puede decir que en los T3S2R4 de servicio privado la proporción de vehículos excedidos en peso fue menor para los de servicio público.

Una de las excepciones fue la carretera MEX-001, en la que prácticamente la totalidad de vehículos se encontró dentro del límite permitido mientras que en el caso

contrario estuvo nuevamente la MEX-180 en la que más del 25% de los vehículos encuestados registraron exceso de peso.

Los PBV máximos registrados para esta configuración se encontraron en la MEX-180 y fueron de casi 130 para los vehículos de servicio privado y de casi 140 para los de servicio público.

Como puede observarse en el conjunto de figuras mencionadas en este apartado de las cinco configuraciones más frecuentes en las carreteras del País, la que tiene mayores proporciones de vehículos sobrecargados es la T3S3, ya que los diagramas de caja indican que para casi todas las carreteras el 50% de los vehículos tiene un PBV por encima del límite máximo permitido mientras que en cada una de las demás configuraciones el porcentaje de excedidos estuvo alrededor del 25% de los vehículos.



Los diagramas de caja anteriores permiten observar que en casi todas las configuraciones, al menos el 25% de los vehículos encuestados se encontró sobrecargado, esta situación se acentuó en las configuraciones de mayores dimensiones, principalmente los T3S3 de los que prácticamente la mitad de los vehículos encuestados circuló con problemas de sobrepeso.

En cuanto a las carreteras, al igual que para los PBV de vehículos cargados, las carreteras en las que se registraron los casos de vehículos más sobrecargados fueron la MEX-180, MEX-040 y MEX-080.

5.5 Proporción de vehículos sobrecargados de servicio público y de servicio privado.

Para esta parte se comparó, para cada una de las cinco configuraciones más frecuentes, la proporción de vehículos sobrecargados de servicio público con respecto al total de vehículos de servicio público contra la proporción de vehículos sobrecargados de servicio privado con respecto al total de vehículos de servicio privado.

Vehículos C2 y C3.

En el caso de los vehículos C2 sobrecargados, en la figura 5.11 se puede observar que, en la mayoría de las estaciones, los vehículos utilizados para el servicio público tuvieron una mayor proporción de vehículos excedidos en peso que los vehículos utilizados para el servicio privado.

Las excepciones en las que los vehículos de servicio privado tuvieron una mayor proporción que los de servicio público se encontraron en estaciones aisladas en Sonora, Durango, Tamaulipas, Jalisco y Yucatán.

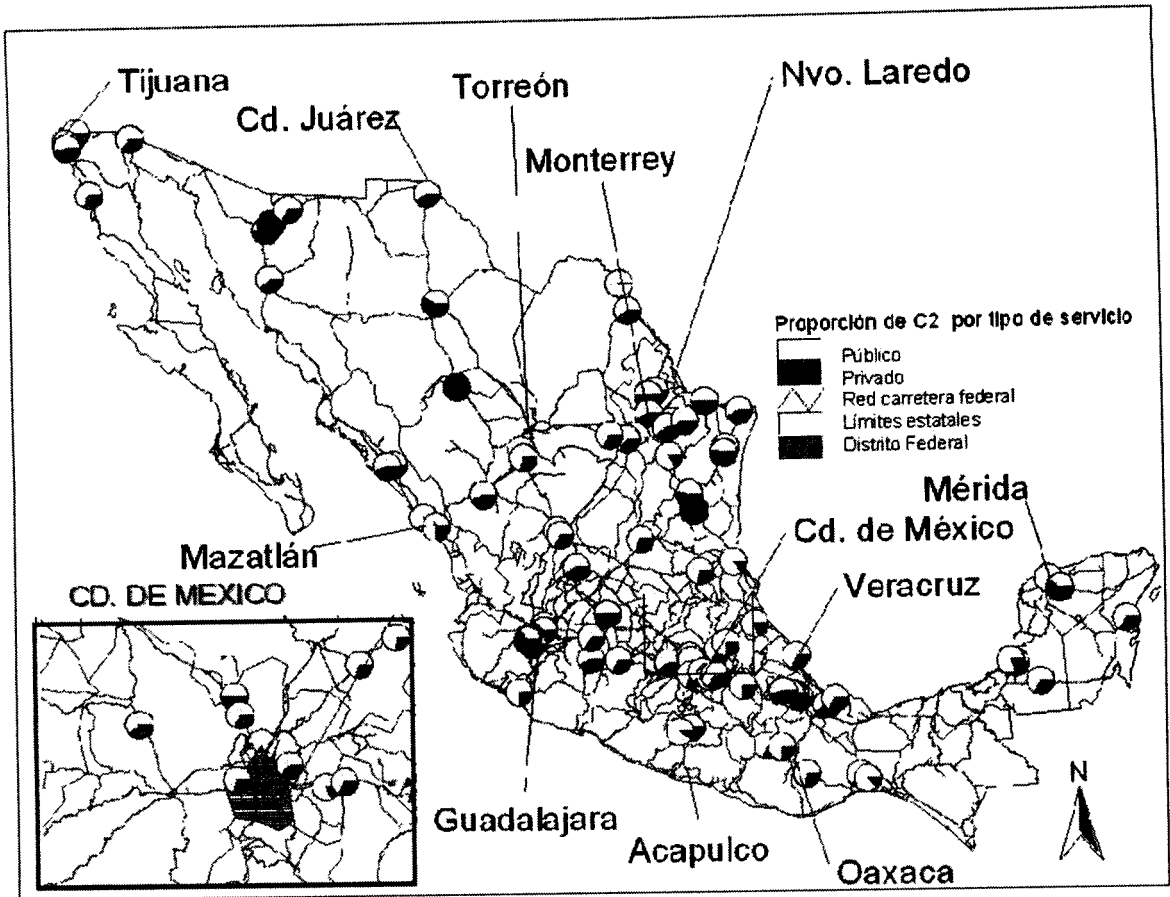


Figura 5.11 Proporción de vehículos C2 sobrecargados por tipo de servicio.

Las proporciones de sobrecargados por tipo de servicio en los C3, por su parte, tienen un comportamiento muy similar al de los C2, se tienen mayores proporciones de vehículos sobrecargados en los C3 utilizados para el servicio público que en los de servicio privado.

Vehículos T3S2 y T3S3.

En el caso de los T3S2, las proporciones de sobrecargados por tipo de servicio son más equilibradas que en los C2 y C3 (figura 5.12).

Existe una mayor proporción en los vehículos de servicio público que en los de servicio privado en las carreteras del Pacífico, Mazatlán – Torreón, México – Tuxpan, México – Veracruz, México – Acapulco y México – Ciudad Juárez.

Por otra parte, las proporciones de sobrecargados de servicio privado predominan en el Noreste, en el Bajío, en Baja California y en Oaxaca. En la península de Yucatán las proporciones de sobrecargados de servicio público son muy similares a las proporciones de sobrecargados de servicio privado.

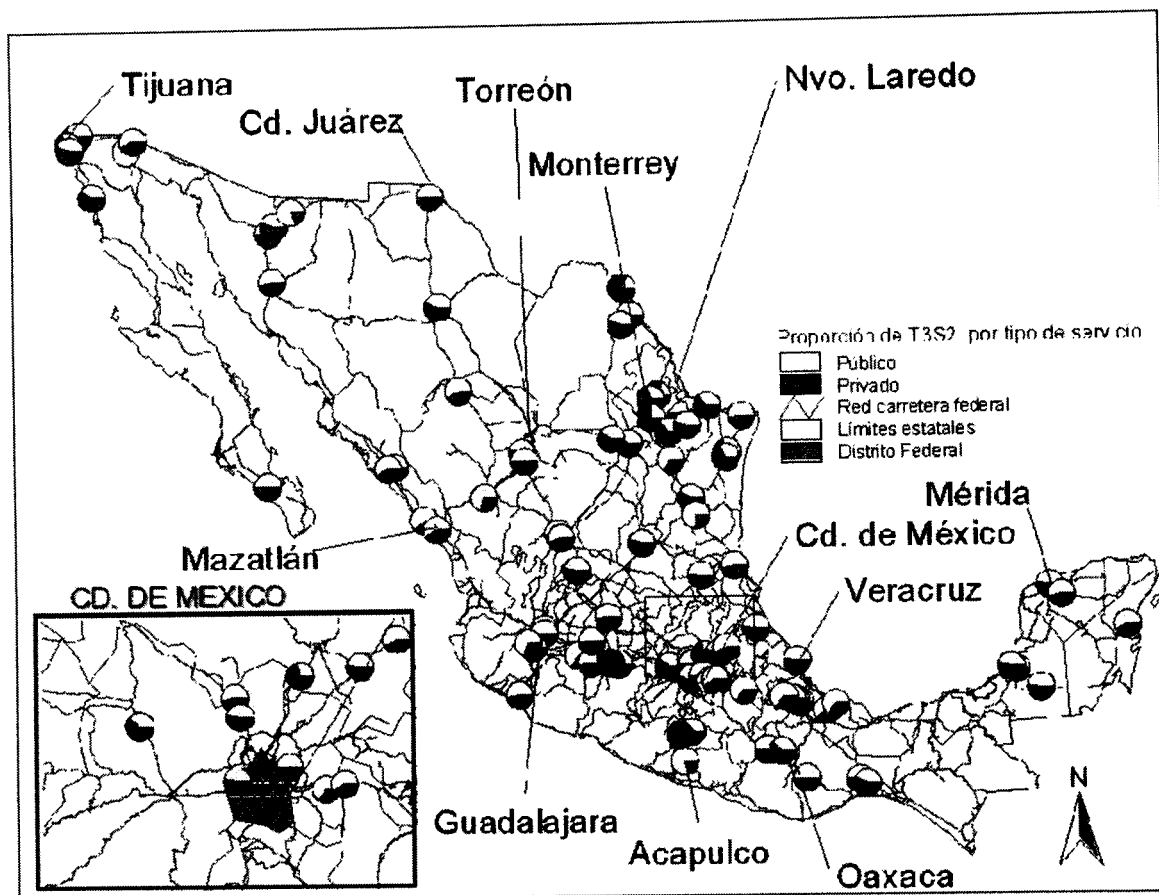


Figura 5.12 Proporción de vehículos T3S2 sobrecargados por tipo de servicio.

En el caso de los T3S3 en casi todas las estaciones es mayor la proporción de sobrecargados de servicio público que la de sobrecargados de servicio privado, sin embargo las proporciones de sobrecargados entre ambos tipos de servicio son más parecidas que en las configuraciones anteriores.

Vehículos T3S2R4.

Como puede observarse en la figura 5.13, en el caso de los T3S2R4, las proporciones de vehículos sobrecargados utilizados para el servicio público son mayores

que las de los vehículos utilizados para el servicio privado en la mayor parte de las estaciones.

Existen varias estaciones en las que la proporción de sobrecargados de servicio público son mucho mayores que las de servicio privado, esto puede deberse principalmente a la especialización de los T3S2R4 en servicio público así como a la baja participación de esta configuración con respecto al tránsito total de vehículos de carga.

Los casos en los que son mayores las proporciones de sobrecargados de servicio privado que los de servicio público se encuentran principalmente en estaciones en el Bajío, el Noreste y en la Península de Yucatán así como en la carretera México – Tuxpan. Además de estas estaciones, existen casos aislados en las cercanías de las ciudades de Chihuahua, San Luis Potosí y Tijuana.

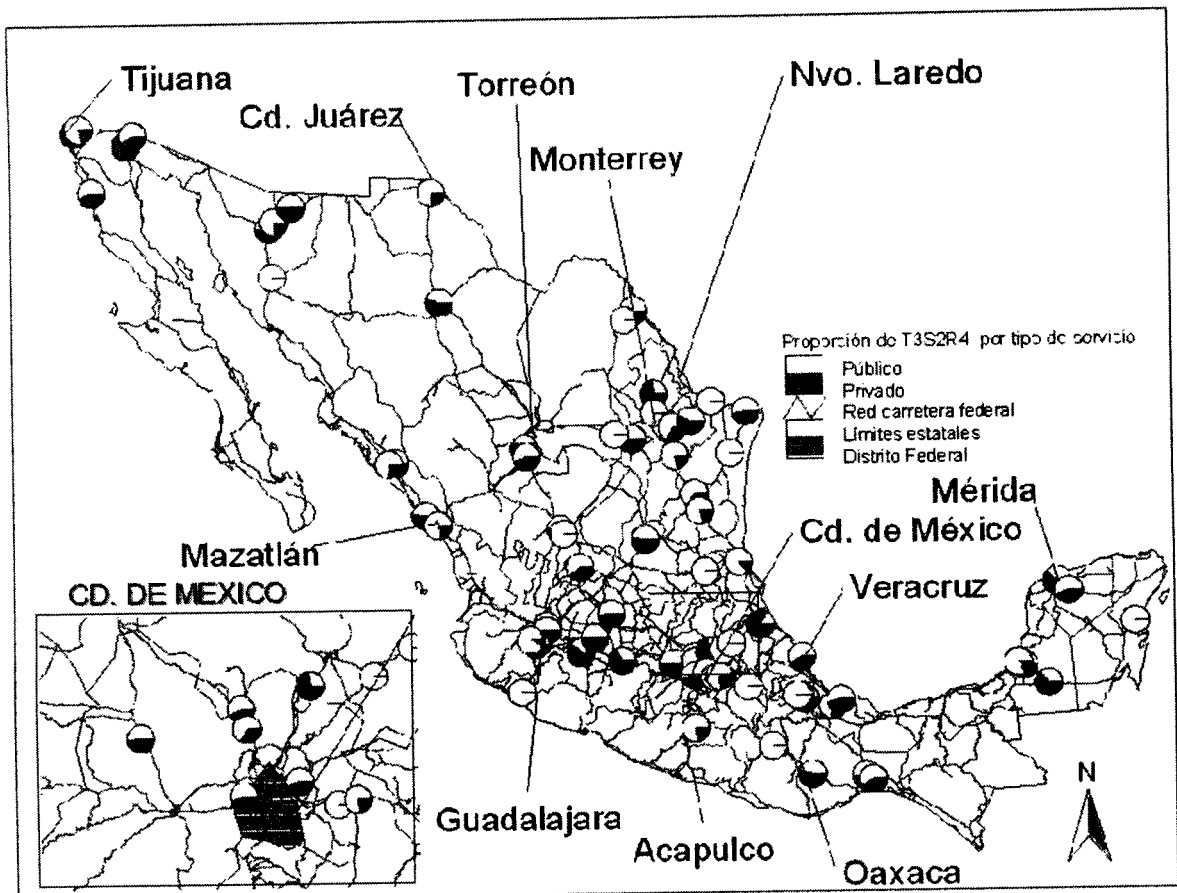


Figura 5.13 Proporción de vehículos T3S2R4 sobrecargados por tipo de servicio.

5.6 Distribución horaria de vehículos sobrecargados.

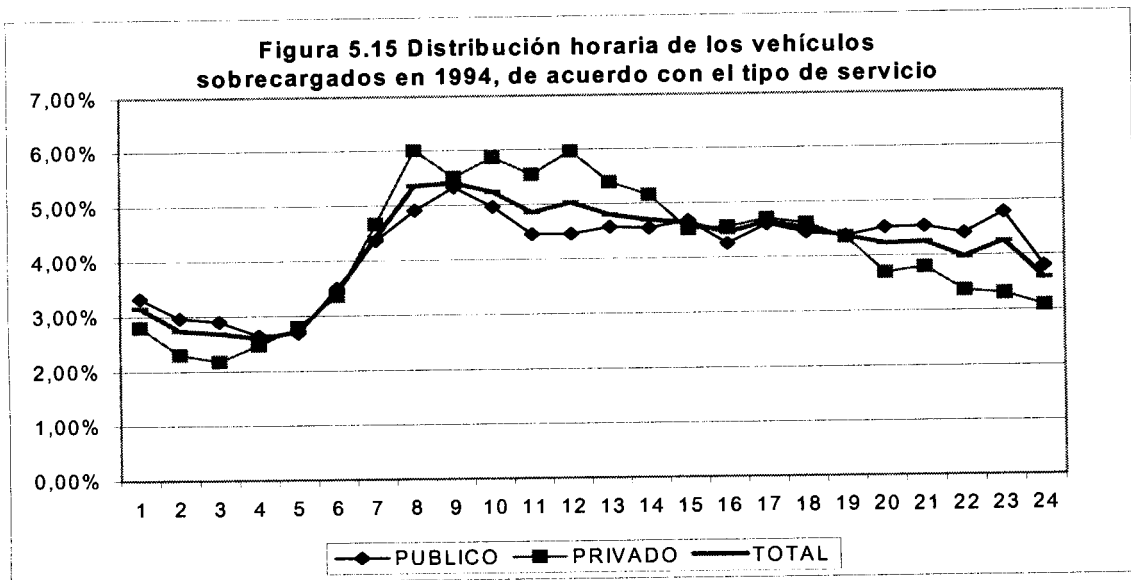
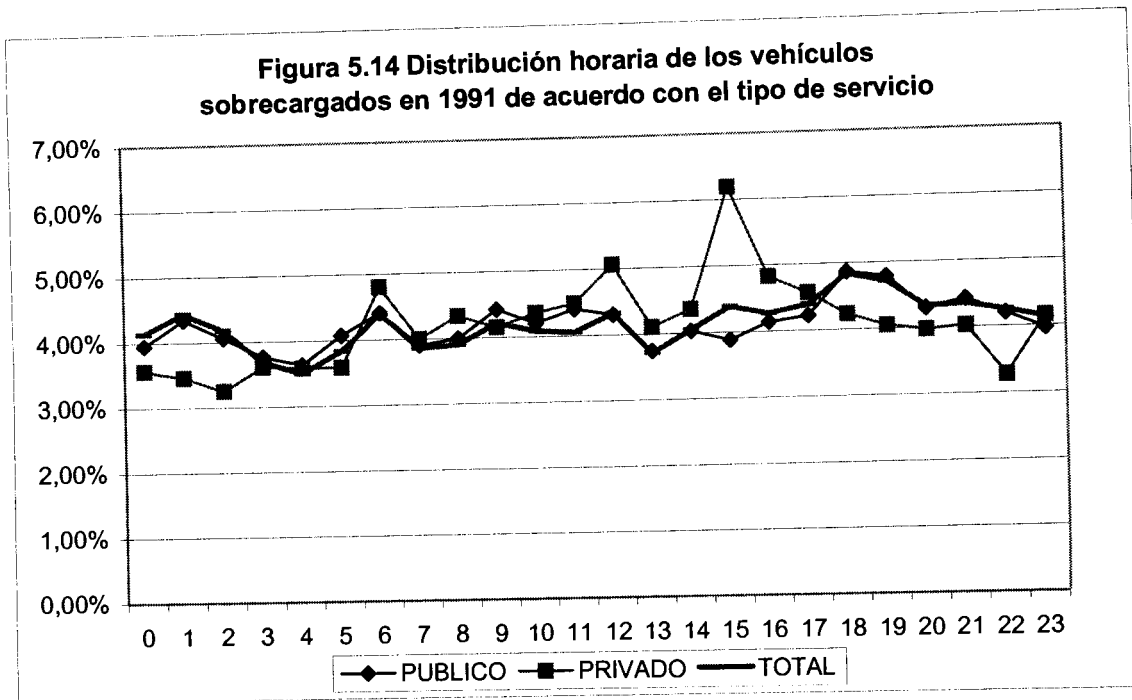
Al igual que en el caso de los vehículos en general, se realizó un análisis del comportamiento horario del tránsito para los vehículos sobrecargados agrupándolos por año de encuesta, a continuación se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los años.

La figura 5.14 muestra el comportamiento horario del tránsito de los vehículos sobrecargados en el año de 1991. En la figura puede observarse que el tránsito de sobrecargados se comporta de manera uniforme a lo largo del día, la curva correspondiente al tránsito total de vehículos sobrecargados varía desde poco menos del 4% hasta casi 5%, por lo que se encuentra muy cercana al 4.17%, que es la cantidad que se obtiene al dividir 100 entre las 24 horas del día.

El comportamiento horario del tránsito de vehículos sobrecargados difiere al de los vehículos de carga en general, ya que en el que se incluía a la totalidad de vehículos de carga se podían identificar con mayor claridad los períodos en los que el tránsito era alto y aquellos en que el tránsito era bajo, mientras que para el caso de vehículos sobrecargados esta diferencia no es tan clara. Esta situación podría sugerir que los vehículos sobrecargados circulan en horas de la madrugada en mayor proporción que los vehículos de carga en general, ya que en los primeros no desciende el porcentaje horario en las horas en las que desciende el porcentaje en los vehículos de carga en general (ver punto 1.2.3 Variaciones de acuerdo con el año de aforo).

La figura 5.15 muestra la distribución horaria del tránsito de vehículos de carga para el año de 1994. En la figura se puede observar que la distribución no es tan uniforme como en el año de 1991 por lo que se puede distinguir un período de bajo volumen de tránsito entre las 3 y las 5 de la mañana mientras que el período de más alto volumen de tránsito se encuentra entre las 8 y las 10 de la mañana. A diferencia de la forma parecida a una campana de Gauss, la cual también tenían las curvas del tránsito de vehículos de carga en general, en esta curva se da un cambio brusco entre el período de mínimo y el de

máximo tránsito mientras que el cambio entre el período de tránsito máximo y el mínimo se da de forma paulatina.



Para los años 1993, 1995 y 1996, la distribución es uniforme como en la figura 5.14, aunque se pueden distinguir los períodos de máximo y de mínimo tránsito similares a los mostrados para 1994 en la figura 5.15.

La figura 5.16 muestra la distribución horaria del tránsito para el año de 1997. En la figura se puede observar que nuevamente los porcentajes horarios de flujo varían entre 3.5% y 5%. Aunque el rango de variación es muy parecido al de la figura 5.14, el período de tránsito mínimo para 1997 se encontró entre las 19 y las 22 horas mientras que el máximo se encontró nuevamente entre las 8 y las 10 horas. Al igual que para el año de 1991, el porcentaje horario de flujo no desciende de la misma manera que en la generalidad de los vehículos de carga, esto podría sugerir que algunos vehículos sobrecargados prefieran circular en períodos de la madrugada en los que el tránsito es menor.

A pesar de la similitud en los rangos de variación de los volúmenes de tránsito, las correlaciones existentes entre las curvas correspondientes a los años 1991-1997 son muy bajas como se puede observar en la tabla 5.12.

En la tabla se puede observar que solamente entre los años 1993,1994 y 1995 existen correlaciones aceptables mientras que para el resto de los años éstas son muy bajas e incluso casi inexistentes como en el caso de 1997 con 1993, 1995 y 1996.

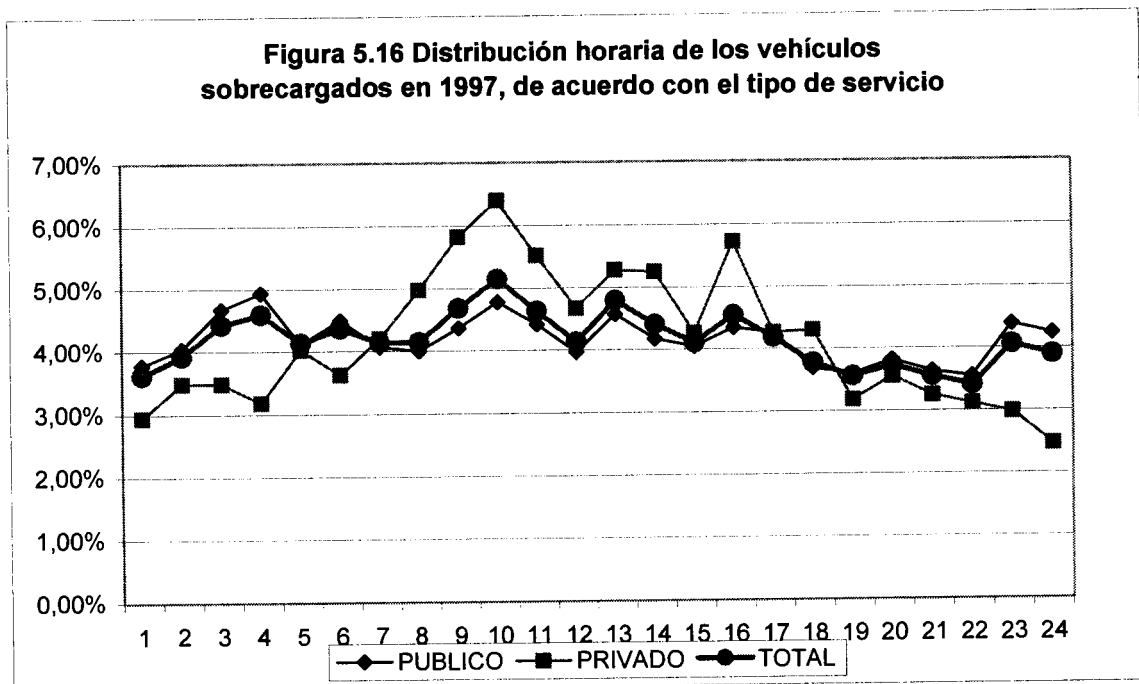


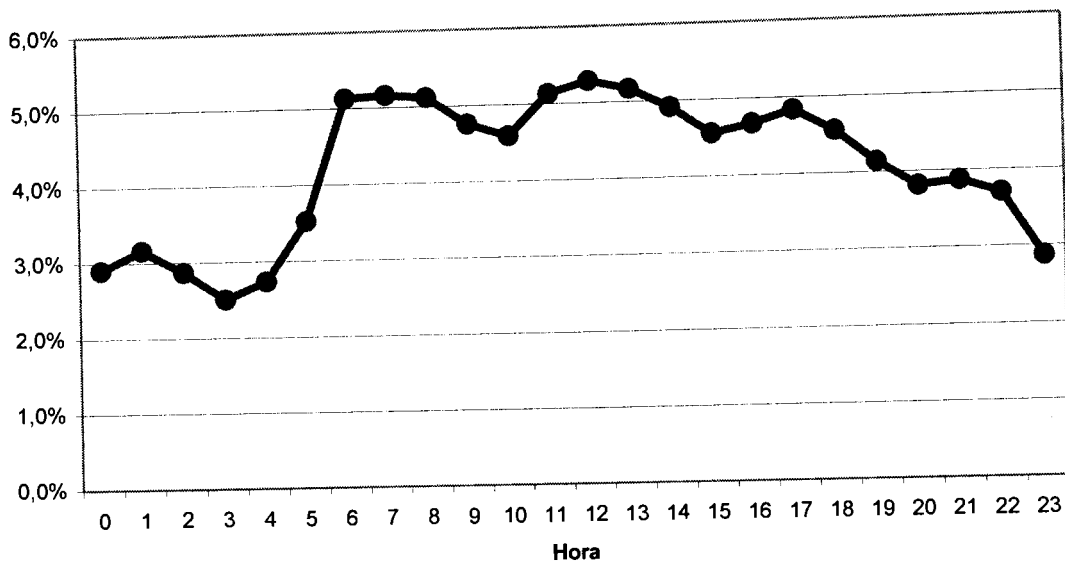
Tabla 5.12 Correlaciones entre curvas de porcentaje horario de tránsito

	1991	1993	1994	1995	1996	1997
1991						
1993	0.3719					
1994	0.1647	0.8113				
1995	0.3033	0.7814	0.7430			
1996	0.1242	0.5441	0.5497	0.4654		
1997	-0.4117	0.0016	0.2598	-0.0660	-0.0609	

En lo referente a la distribución horaria del tránsito de vehículos de carga en las estaciones de encuesta agrupadas por carretera, en la figura 5.17 se tiene como ejemplo el comportamiento de la carretera MEX-015, en la que se puede observar que coinciden los períodos de volumen máximo y mínimo horarios con los observados al agrupar las estaciones por año de encuesta.

Las curvas mostradas en las figuras 5.14 a la 5.17 no muestran que exista algún patrón horario definido por alguna política de sanciones a vehículos sobrecargados, por lo que podría esperarse que los vehículos sobrecargados sigan un patrón similar al de la totalidad de vehículos de carga.

Figura 5.17 Distribución horaria de los vehículos sobrecargados en las estaciones ubicadas en la carretera MEX-015



5.7 Pesos brutos vehiculares en vehículos excedidos en peso por estación.

Vehículos C2. En casi la totalidad de las estaciones el peso promedio de los vehículos sobrecargados se encuentra en el rango entre 16 y 25 toneladas. La estación en la que se localizó el mayor PBV promedio se encontró en la carretera entre Tampico y Cd. Victoria. Para los casos de vehículos dedicados al servicio público como los dedicados al servicio privado, el comportamiento fue muy similar al de los C2 en general.

Vehículos C3. En la figura 5.18 se muestra la distribución de los PBV promedio para los vehículos C3. El rango de PBV promedio en las estaciones varió entre 25 y 35 toneladas. Las estaciones con mayor PBV promedio se encontraron en las cercanías del norte como Hermosillo, Reynosa y Torreón así como en Guadalajara y en la Península de Yucatán. En el rango entre 29 y 31 toneladas se encuentran estaciones que permiten identificar similitudes dentro de carreteras como es el caso de la México – Cd. Juárez, Mazatlán – Torreón además de algunas carreteras en el Noreste. Las carreteras que comunican al Centro con el Golfo de México y las que se encuentran en las cercanías de Monterrey se

encuentran en su mayoría dentro del rango entre 27 y 29 toneladas. Existe una gran semejanza en las distribuciones de PBV promedio en estaciones para los C3 dedicados al servicio público y al servicio privado con respecto del caso general.

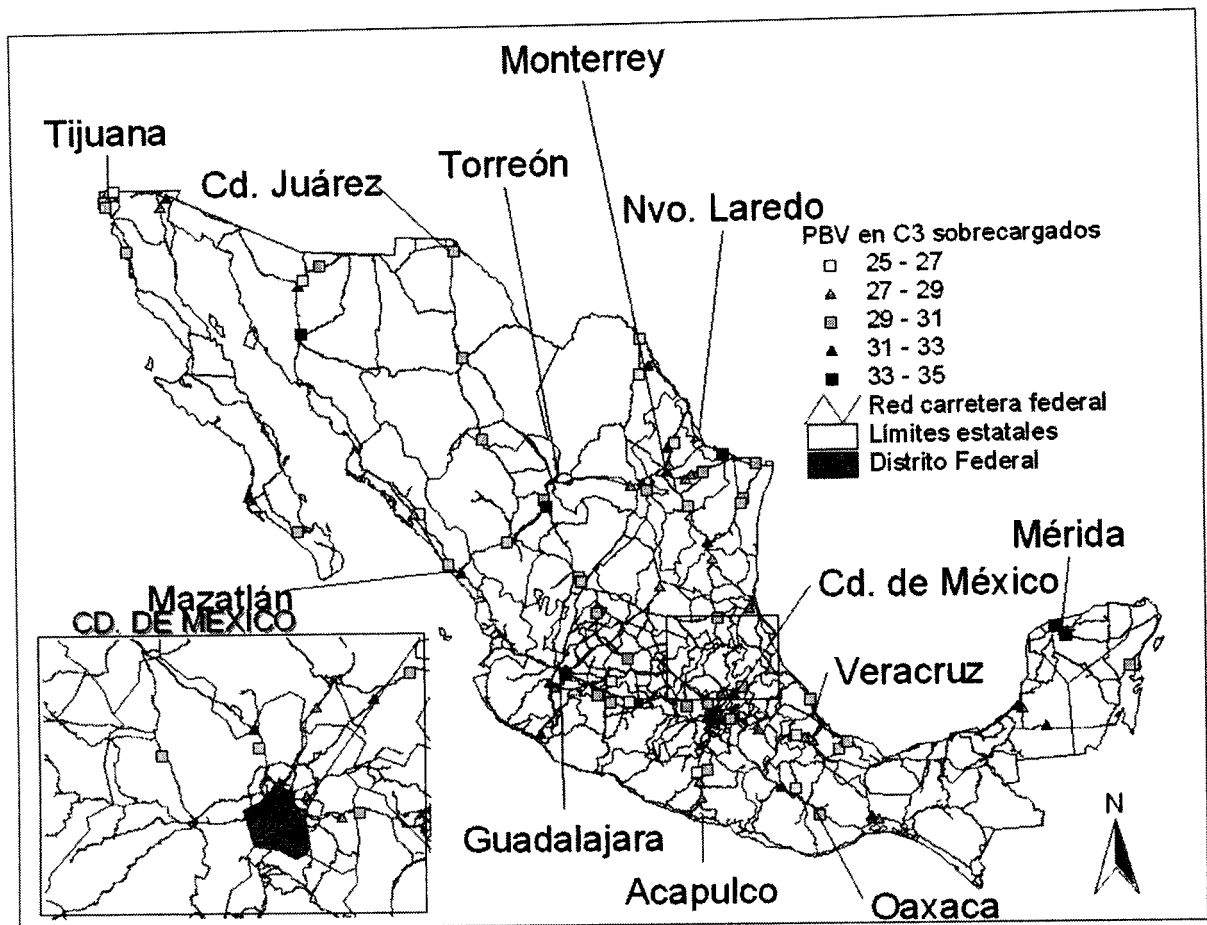


Figura 5.18 PBV promedio en vehículos C3 sobrecargados.

Vehículos T3S2. La figura 5.19 se refiere a PBV promedio en estaciones para vehículos T3S2 sobrecargados. Las estaciones con mayores PBV promedio se encuentran en la Península de Yucatán. Un segundo intervalo de PBV se encontró en estaciones que ubicadas en carreteras que comunican la ZMCM con el Sur así como en casos aislados en el Noreste, Noreste y la Península de Yucatán. Los intervalos de PBV más frecuentes se encontraron entre 45.6 y 49.2 toneladas y entre 49.2 y 52.8 toneladas, en el primer intervalo se encuentran estaciones que se encuentran en carreteras que comunican a la ZMCM con el Golfo de México y con Acapulco así como en el Noreste mientras que el segundo intervalo comprende estaciones ubicadas en el Golfo de México en el Noreste, Noroeste y en la

costa del Pacífico además de que permite identificar similitudes en estaciones dentro de carreteras como la México – Cd. Juárez y Mazatlán – Torreón. Para los casos de los T3S2 dedicados al servicio público y privado el comportamiento es similar.

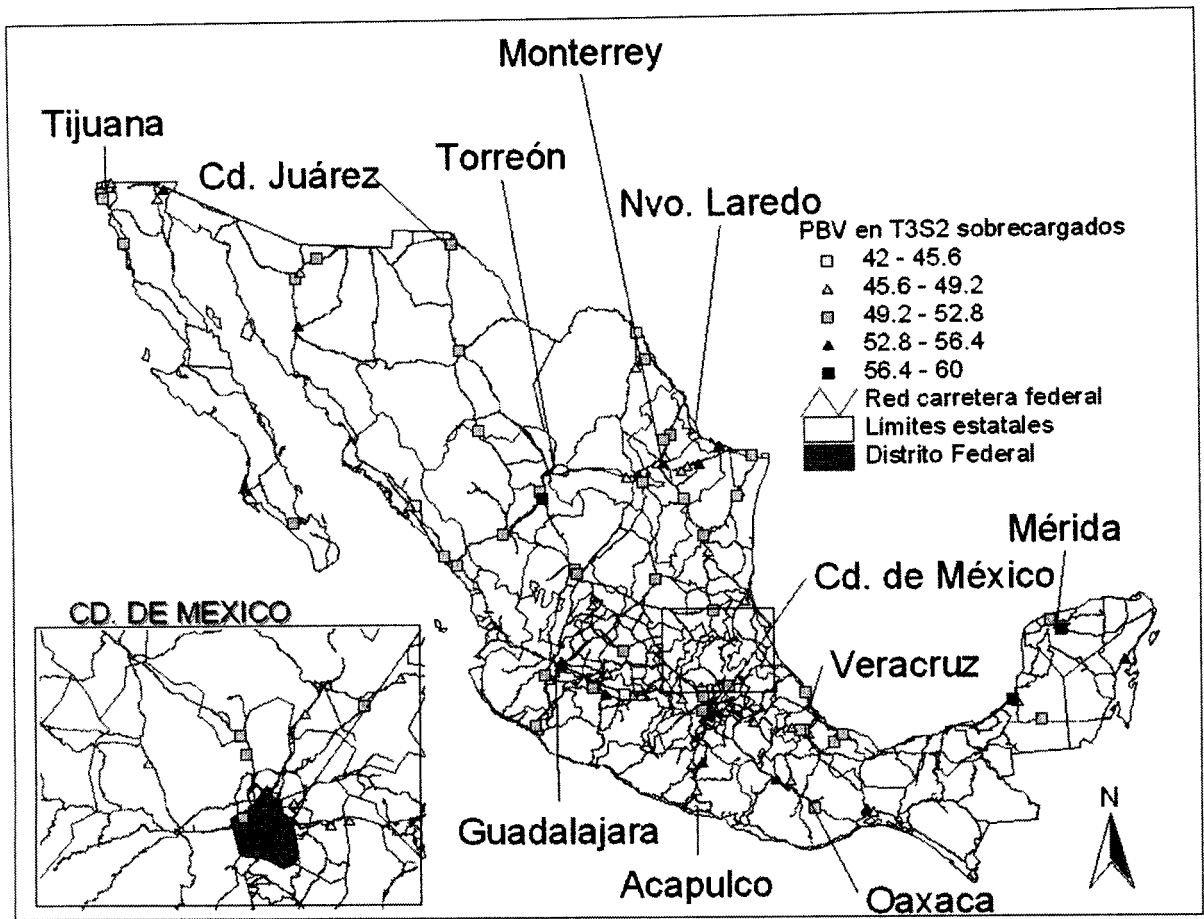


Figura 5.19 PBV promedio en vehículos T3S2 sobrecargados.

Vehículos T 3S3. Para esta configuración las estaciones con mayor PBV promedio se encontraron en la Península de Yucatán y en la Laguna mientras que las estaciones con menor PBV promedio se encontraron en puntos aislados en la frontera Norte así como en las carreteras que comunican a la ZMCM con Tampico, Veracruz y Acapulco. Al igual que en los T3S2 los intervalos intermedios de PBV permiten identificar similitudes dentro de una misma carretera o región (ver figura 5.20).

Vehículos T3S2R4. Para esta configuración los mayores PBV promedio se encontraron en Reynosa, San Luis Potosí y en la Península de Yucatán mientras que los PBV menores se

encontraron en carreteras que comunican a la ZMCM con el Golfo de México y en las cercanías de la frontera Norte. El intervalo más frecuente se situó entre las 85 y 96 toneladas y comprendió estaciones en todo el territorio nacional (figura 5.21).

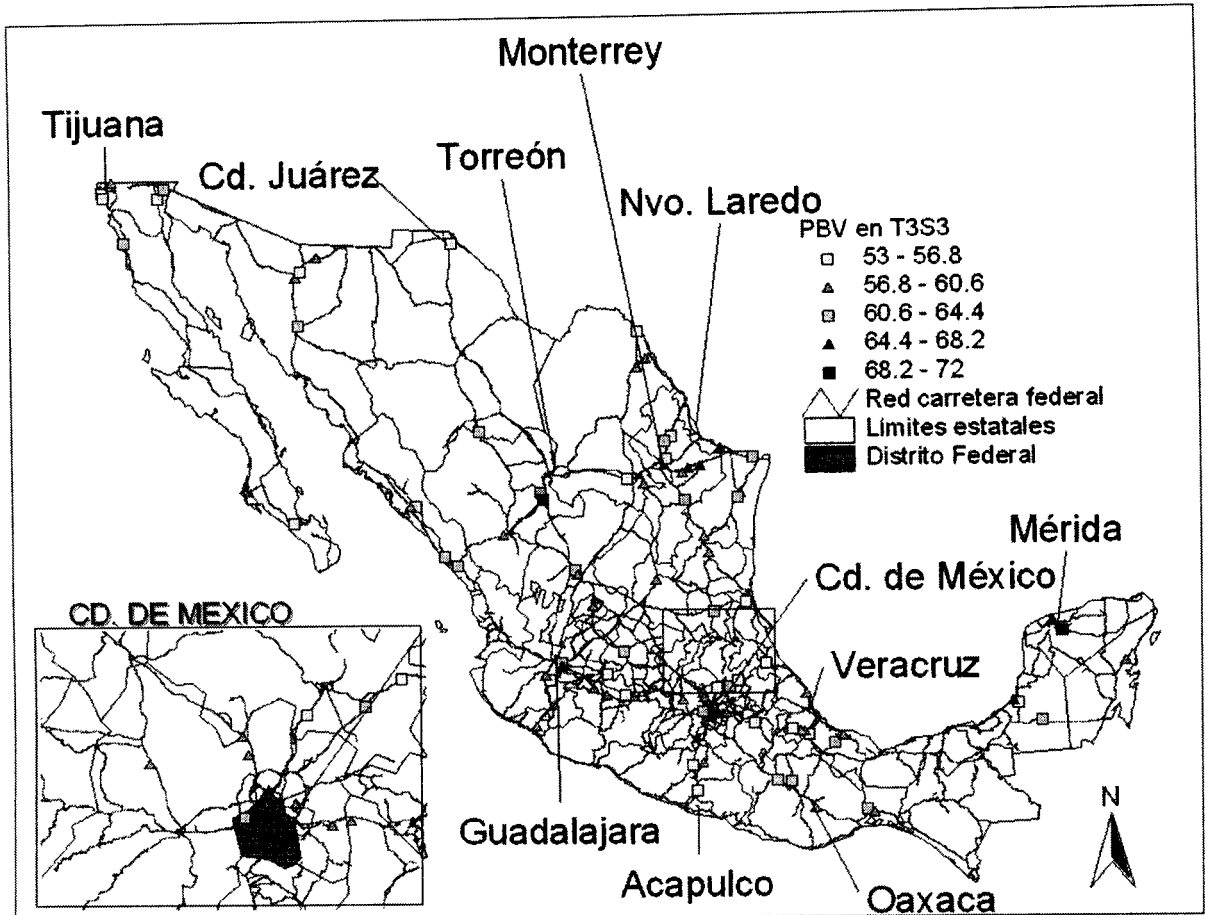


Figura 5.20 PBV promedio en vehículos T3S3 sobrecargados.

Debido a que al analizar los PBV de los vehículos cargados se incluyeron los vehículos sobrecargados, las estaciones en las que se encontraron los mayores PBV promedio de vehículos sobrecargados coinciden con aquellas en las que se encontraron los mayores PBV promedio de vehículos cargados: para las configuraciones de menores dimensiones los mayores PBV se encontraron en la parte central del país, mientras que para las de mayores dimensiones los mayores PBV promedio se encontraron en la frontera norte, en la zona de la Laguna y en la Península de Yucatán.

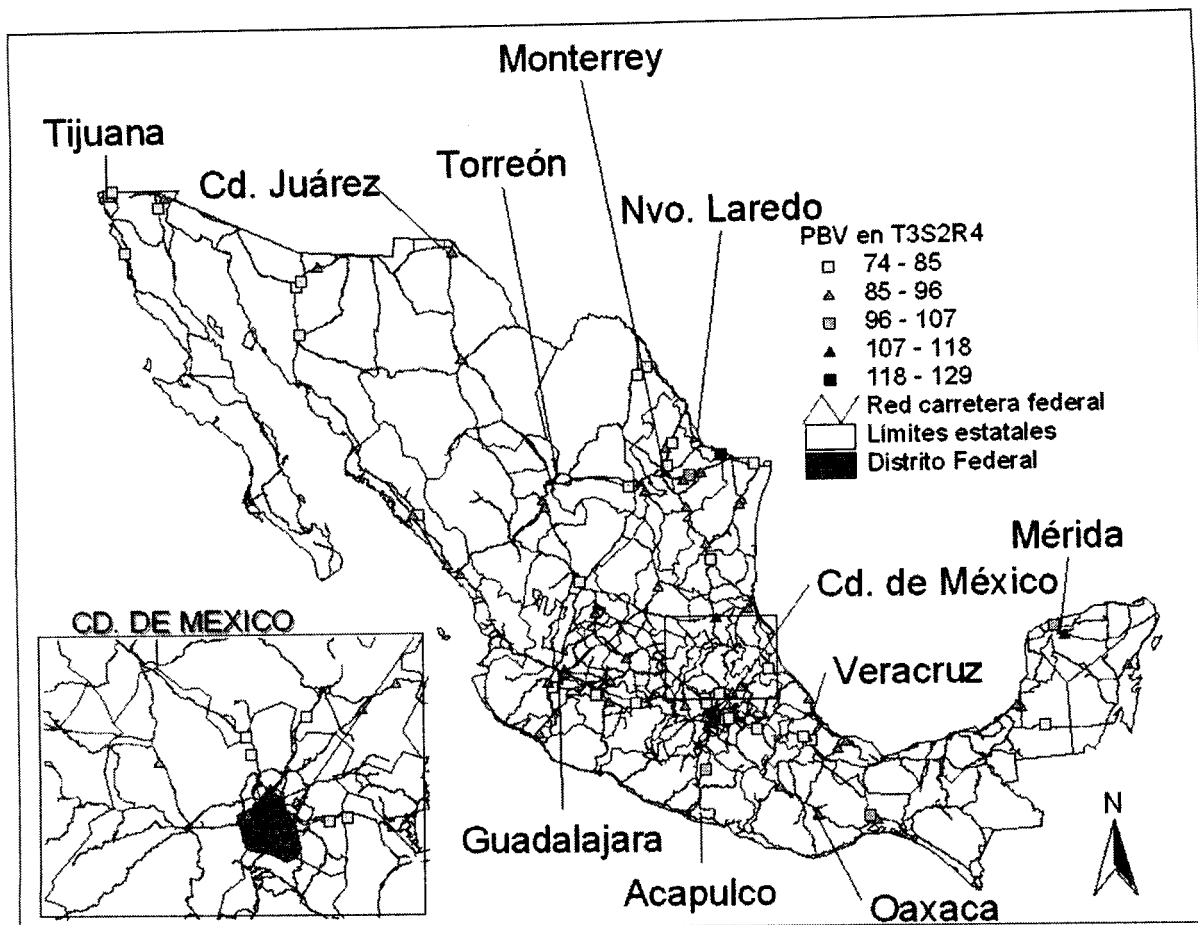


Figura 5.21 PBV promedio en vehículos T3S2R4 sobrecargados.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el enfoque del Análisis Exploratorio de Datos, los datos analizados en el periodo 1991-1996 dan una primera idea del comportamiento de los flujos de vehículos de carga que se presentan en el estudio estadístico de campo del autotransporte. Los datos de 1997, que no se usaron en la primera etapa del análisis, son una muestra de las características horarias de los flujos vehiculares que sirvió para contrastar las observaciones derivadas del análisis del periodo 1991-1996.

El contraste entre el análisis 1991-1996 y los datos de 1997 sugiere tendencias de comportamiento de las variables de interés que luego han de confirmarse en estudios futuros. Así, se puede repetir el análisis para el periodo 1991 a 1997, comparando los resultados obtenidos con los datos colectados en 1998. Este proceso iterativo permite “calibrar” los resultados del análisis del primer grupo de datos, proporcionando a medida que se realiza un patrón de referencia en el cual se pueden identificar de modo más firme las tendencias de comportamiento de las variables analizadas.

Las gráficas mostradas en el análisis horario son un primer paso para darse una idea del comportamiento de los aforos según los distintos atributos usados. Sin embargo, las apreciaciones visuales pueden diferir entre distintos observadores, por lo que el uso de las correlaciones entre las variables de interés resulta un elemento de evaluación numérica más objetivo que sirve para llevar el análisis a un mayor detalle.

El Análisis Exploratorio Espacial de Datos (ESDA) permite ubicar en carreteras, localidades o regiones dentro de un mapa los patrones estadísticos encontrados. Debido a que para esta herramienta estadística existe la necesidad de utilizar mapas, el uso de un sistema de información geográfica (el Arc View en este caso) facilitó y dio sentido espacial al análisis estadístico.

El Análisis de Varianza es una herramienta útil para verificar algunos de los patrones encontrados por el EDA y por el ESDA. Esta herramienta fue utilizada para

verificar patrones en el análisis espacial de PBV de los vehículos ya que las diferencias físico-geográficas, económicas y sociales dificultaban el dejar alguna región como testigo para verificar patrones encontrados.

Con base en los análisis y comparaciones ya mostradas se plantean algunas conclusiones:

Requerimientos materiales en función de los volúmenes de tránsito

1. En aproximadamente el 95% de las estaciones de encuesta, los aforos promedio diarios son de hasta 4,000 vehículos, lo que representa intensidades medias de flujo de hasta 2.78 vehículos/minuto. En cuanto a valores de aforo horario máximo, en casi un 95% de las estaciones se llega hasta los 250 vehículos, lo que implica tener horas del día con intensidades de hasta 4.17 vehículos/minuto. La relación lineal entre aforo promedio diario y aforo horario máximo parece indicar que este último es cerca del 5.77% del aforo medio diario. Estos cálculos dan una idea de los requerimientos para poder organizar adecuadamente el levantamiento de las encuestas.
2. Los comportamientos parecidos de las variaciones horarias de los volúmenes de tránsito vehicular en las estaciones agrupadas por año, mes, día y carretera, en conjunto con los mapas de distribución geográfica de los TDPA, permitirían en un análisis posterior, estimar la cantidad de personal y recursos necesarios para atender las estaciones de encuesta de acuerdo con la región en la que éstas fueran establecidas. Por otra parte, para los distintos rangos encontrados de TDPA, se podrían estimar las filas que se formarían en los picos si el personal ocupado fuera el necesario para el tránsito horario promedio así como cual sería el número óptimo de personas a ocupar.
3. El porcentaje de flujo vehicular durante las 24 horas del día varía de modo muy parecido en los distintos años de encuesta. Idealmente, si los flujos vehiculares fueran uniformes, en cada hora del día se esperaría tener cerca del 4.17% del flujo total (pues $100/24 = 4.17$); de este modo, las horas con porcentajes de flujo mayores al 4% aproximadamente, serán las de más intensidad.

Las gráficas de porcentajes horarios de aforo indican que las mayores intensidades de flujo ocurren de las 08:00 a las 18:00 horas, con valores del 4% al 6% por hora del flujo total, mientras que el periodo más relajado es entre las 23:00 y las 05:00 horas con valores menores al 4% del flujo total. Por otra parte, el aumento en el aforo horario respecto del mínimo en la mayoría de las estaciones no rebasa los 150 vehículos.

Esto puede dar una idea de lo que se esperarías en una estación de encuesta, en 10 horas de encuesta se podría tener hasta el más de un 50% de los vehículos que se presentan en la totalidad del día, mientras que en la hora pico, se esperarías casi el 6% de los vehículos que se presentan en todo el día.

4. El porcentaje horario del flujo no cambia de modo notable en los meses en que se ha muestreado, a excepción del mes de diciembre. Cabe señalar que para el mes de diciembre sólo se tienen dos repeticiones, una en la estación piloto de 1990 y otra en 1993. Para encuestas futuras, esto sugiere hacer más mediciones en diciembre y también en los meses en los que no se ha repetido encuesta: enero y abril. Respecto de noviembre, aún cuando hubo 7 mediciones del periodo 1991-1996 y 5 mediciones de 1997, la comparación de las curvas correspondientes no mostró tanta semejanza como con los otros meses. Se espera que nuevas mediciones de noviembre mejoren la semejanza en el comportamiento de años anteriores con el año más reciente muestreado.
5. Las variaciones del flujo horario en los días en que se hace la encuesta: martes, miércoles, jueves y viernes no mostraron diferencias importantes. Tanto las gráficas de porcentajes horarios del flujo como las tablas de correlación para esos días, en todos los años analizados (incluido 1997) muestran un gran parecido.
6. Los porcentajes horarios de flujo en estaciones ubicadas en distintas carreteras mostraron semejanza en algunos casos solamente. Esto puede sugerir comportamientos parecidos en carreteras que se encuentren dentro de corredores específicos de transporte, y carreteras con comportamientos horarios del flujo muy particulares, a las que habría que analizar nuevamente con datos repetidos en el futuro.

7. En los análisis horarios por carretera, resaltan los bajos valores de correlación (0.554 a 0.738) que muestra la carretera MEX-150 con las otras carreteras. Esto puede indicar que individualmente, en la carretera MEX-150 (ubicaciones en Puebla y Veracruz) el porcentaje horario de flujo es distinto al de las demás ya que la mayoría de las estaciones que la forman tienen una distribución horaria del tránsito que es uniforme en todo el día, mientras que en el resto se tienen mejor definidos los períodos de flujo mínimo y máximo.
8. Resalta como caso particular las mediciones hechas en Tepetzotlán, Edo. de México, donde tanto en 1991 en 1997 se tuvieron aforos mucho mayores que en los otros casos. Esto sugiere que el flujo vehicular en la estación Tepetzotlán tiene características diferentes a las del resto de la muestra.
9. Estos resultados muestran un patrón consistente en la distribución horaria de los volúmenes de tránsito, el cual casi no se ve afectado por la estacionalidad.

Especialización geográfica del autotransporte de carga por tipo de servicio y configuración vehicular.

10. En el análisis geográfico, la adición de nuevas series de datos a las bases de datos requeridas para el sistema de información geográfica, permitirá cubrir progresivamente el territorio nacional, con lo que será posible confirmar o replantear los patrones detectados en este análisis.
11. La clasificación vehicular por tipo de servicio muestra una especialización geográfica tal, que los vehículos de carga privados son más utilizados en el Sureste y Centro del País, mientras que los vehículos de servicio público son más utilizados en los corredores más importantes de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México hacia el Norte del País.

12. Existe una especialización de los vehículos por tipo de servicio de acuerdo con la configuración vehicular tal que los vehículos de menores dimensiones son más utilizados para servicio privado mientras que los vehículos de mayores dimensiones se utilizan más para el servicio público.

Prácticas de carga del autotransporte federal acuerdo con la configuración vehicular y el tipo de servicio

13. La identificación de taras y de los PBV para los vehículos de carga pueden servir como base para realizar una estimación de los volúmenes de carga movidos en las carreteras del país en las que se han realizado encuestas.
14. En lo que se refiere a los vehículos C2, la clasificación en cuatro grupos permite obtener información más detallada con respecto al PBV de cargados y sobrecargados, lo que permite un mejor manejo e interpretación de los resultados. Sin embargo, esta clasificación tiene la desventaja de que se corre el riesgo de considerar un vehículo cargado dentro de un grupo inferior siendo un vehículo vacío de un grupo superior, por lo que el porcentaje de C2 vacíos podría ser mayor.
15. Se observó una distribución de las estaciones de acuerdo con los PBV promedio, la cual fue afectada por el tipo de configuración vehicular: las configuraciones de menores dimensiones mostraron mayores valores de PBV en la parte central del País mientras que las estaciones que registraron los menores valores se ubicaron en la frontera Norte. Por otro lado, para las configuraciones de mayor capacidad, los valores mayores se encontraron en la frontera Norte, en la zona de La Laguna y en la Península de Yucatán mientras que los menores se encontraron en la parte central del País.
16. Para todas las configuraciones, los registros de vehículos más pesados se encontraron en las carreteras MEX-180, la cual comunica la ZMCM con la parte sur del Golfo de México. Para las configuraciones de menor capacidad también se tuvieron altos registros de PBV en la MEX-190 situada en Oaxaca, mientras que para las configuraciones de mayores dimensiones los mayores registros también se encontraron

en las carreteras MEX-080, MEX-002, que comunican a Guadalajara con San Luis Potosí y a la frontera norte del País, respectivamente. En cuanto a las carreteras con menores PBV máximos, en casi todas las configuraciones destacaron las carreteras MEX-001 y MEX-085, una ubicada en la Península de Baja California mientras que la otra comunica las ciudades de Tampico y Nuevo Laredo.

17. Para futuros estudios, la clasificación de estaciones por carretera podría profundizarse de tal manera que la separación espacial de las estaciones permita un análisis más puntual de los pesos brutos vehiculares.

Prácticas de vehículos sobrecargados

18. En lo que se refiere a los vehículos sobrecargados, independientemente de las configuraciones vehiculares, las estaciones ubicadas en la Península de Yucatán, en el Occidente y en la costa sur del Golfo de México se tuvieron los mayores porcentajes de vehículos sobrecargados, mientras que en el norte es en donde se tuvieron los menores porcentajes.
19. En las configuraciones con mayores dimensiones se presentaron los mayores porcentajes de sobrecargados. Destaca el caso de los T3S3 en los que prácticamente la mitad de los vehículos registrados estuvieron sobrecargados. Para los T3S2R4, al menos el 25% de los vehículos registrados por carretera estuvieron sobrecargados aunque hubo carreteras en las que este porcentaje fue de hasta 50%, esta situación se acentuaría al utilizar en el análisis los límites de PBV permitidos de 66.5 en lugar de los de 72.5, con lo que podría resultar que también en los T3S2R4 al menos el 50% de los vehículos circularon sobrecargados. Para las otras tres configuraciones el porcentaje de sobrecargados es muy cercano al 25%.
20. La distribución horaria de los vehículos sobrecargados se comporta de una manera más uniforme que la totalidad de los vehículos de carga, esto significa que en los períodos en la madrugada en los que baja el porcentaje horario de tránsito para la totalidad de los vehículos de carga, el porcentaje horario de tránsito de los vehículos sobrecargados

no desciende en la misma magnitud, por lo que en un diseño de muestra, se podría obtener el mismo número de vehículos sobrecargados para cualquier hora del día.

21. El identificar carreteras con mayor cantidad de vehículos sobrecargados por configuración vehicular sirve como base si se pretende atacar desde este punto de vista, de manera que se de prioridad a las carreteras con mayores proporciones de vehículos sobrecargados. Por ejemplo, las cercanías de La Laguna, Reynosa y Yucatán en el caso de los vehículos T3S2, T3S3 y T3S2R4 sobrecargados.

Los patrones referentes a la distribución del tránsito diario promedio, así como a la distribución de pesos brutos vehiculares y de los vehículos sobrecargados reflejan algunos lineamientos útiles para la elaboración de un diseño muestral más representativo, además de que permite identificar la clase de requerimientos materiales para el levantamiento de la información.

La agrupación de las estaciones por carreteras como primera aproximación a la identificación de PBV en corredores permite identificar patrones en grupos de carreteras, aunque estos patrones pudieran ser afectados por la dispersión espacial y por el número de estaciones consideradas para cada carretera, los diagramas de caja permiten identificar patrones generales en cuanto a la distribución de los pesos brutos vehiculares, los cuales se corroboraron con los análisis de varianza.

Finalmente, se puede mencionar que los volúmenes de tránsito de los vehículos de carga obedecen a un patrón espacial, el cual puede deberse a factores sociales y económicos. Se piensa que la distribución de los vehículos de carga puede obedecer a factores económicos y sociales, ya que también se encontraron patrones de distribución para cada una de las cinco configuraciones vehiculares de carga más comunes, asimismo, también se puede hablar de una especialización por región de acuerdo al tipo de servicio que prestan las unidades. Se puede hablar de un patrón de prácticas de carga identificado mediante la medición de PBV, el cual mostró variaciones que obedecieron más a las características tecnológicas de los vehículos y a la distribución espacial de los mismos que

al tipo de servicio para el que fueron utilizados como se pudo observar en el ESDA aplicado y corroborado por medio de análisis de varianza. Los patrones encontrados en las distribución horaria y espacial de los volúmenes de tránsito, así como los patrones encontrados en la distribución espacial en los PBV pueden servir como base para que en oportunidades posteriores se pueda realizar un diseño muestral, en la medida en que lo permitan las limitaciones presupuestales.

ANEXO A. UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE AFORO

ESTACIÓN	AÑO	MES	ESTADO	UBICACIÓN	CLAVE	CARRETERA
1 Amozoc	1990	12	Puebla	México - Córdoba (cuota) Km. 142+000	00485	MEX-150D
2 La Grande II	1991	5	Sonora	Hermosillo - Santa Ana Km. 7+230	26445	MEX-015
3 Pimienta	1991	5	Zacatecas	Zacatecas - Durango Km. 10+000	00544	MEX-045
4 Salamanca	1991	6	Guanajuato	Querétaro - Irapuato (cuota) Km. 83+000	00423	MEX-045D
5 Caseta Tepotzotlán	1991	6	Edo. México	México - Querétaro (cuota) Km. 44+500	00411	MEX-057D
6 San Marcos	1991	6	Edo. México	México - Puebla (cuota) Km. 35+000	00450	MEX-150D
7 Santa Rosa	1991	5	Nuevo León	Monterrey - Nuevo Laredo Km. 25+500	00463	MEX-085
8 San Miguel Allende	1991	5	Guanajuato	Querétaro - San Luis Potosí Km. 29+500	00165	MEX-057
9 Aeropuerto-Tajín	1991	6	Veracruz	Tulancingo - Tuxpan Km. 202+600	00608	MEX-130
10 La Luz II	1991	5	Veracruz	Córdoba - Veracruz Km. 32+000	30525	MEX-150
14 Singuilucán	1993	11	Hidalgo	Pirámides - Tulancingo Km. 75+000	00455	MEX-132
15 El Abra	1993	11	S.L.P.	Cd. Valles - Tampico Km. 10+000	00138	MEX-070
16 El Granero	1993	11	Tamaulipas	Cd. Victoria - Matamoros Km. 183+200	28139	MEX-101-180
17 Las Lajas	1993	11	Nuevo León	Monterrey - Reynosa Km. 115+500	00088	MEX-040
18 Cebeta 29	1993	11	Nuevo León	Cd. Victoria - Monterrey Km. 168+320	00462	MEX-085
19 C.T.O.	1993	12	Durango	Cuencamé Torreón Km. 172+200	00085	MEX-040
20 Las Espuelas	1994	1	Sinaloa	Mazatlán - Culiacán Km. 6+900	25501	MEX-015
21 Glorieta	1994	2	Colima	Colima - Tecmán Km. 39+000	06119	MEX-110
22 Jiquilpan	1994	2	Michoacán	Jiquilpan - Sahuayo Km. 2+200	00429	MEX-015
23 El Alamo	1994	2	Michoacán	Morelia - Salamanca Km. 11+000	00124	MEX-043
24 Caseta	1994	2	Jalisco	Guadalajara - Zapotlanejo (cuota) Km. 21+000	14116	MEX-080
25 Zapotlanejo	1994	3	Jalisco	Guadalajara - Zapotlanejo (libre) Km. 81+000	14115	MEX-080
26 Las Carolinas	1994	3	Chihuahua	Chihuahua - Cd. Juárez Km. 16+000	08419	MEX-045
27 Jajalpa	1994	3	Edo. Méx.	México - Toluca Km. 43+000	00447	MEX-015
28 Asunción	1994	4	Oaxaca	Huajuapán de León - Oaxaca K. 174+800	20059	MEX-190
29 Cuencamé	1994	9	Durango	Durango - Torreón (libre) Km. 162+300	00085	MEX-040
30 Pedriceñas	1994	9	Coahuila	Matehuala - Saltillo Km. 221+000	00405	MEX-057
31 Conasupo	1994	9	Sinaloa	Tepic - Mazatlán Km. 266+400	00500	MEX-015
32 Villa Unión	1994	9	Tamaulipas	Cd. Victoria - Matamoros Km. 180+000	28139	MEX-101-180
33 La Joya	1994	9	Durango	Durango - Villa Unión Km. 9+500	00083	MEX-040
34 Tapias	1994	9	Nuevo León	Monterrey - Nuevo Laredo (cuota) Km. 100+000	19086	MEX-085
35 Caseta Laredo	1994	9	Nuevo León	Monterrey - Nuevo Laredo (libre) Km. 86+000	00463	MEX-085
36 Las Palomas	1994	9	Nuevo León	Monterrey - Nuevo Laredo (libre) Km. 86+000	00463	MEX-085
37 Nuevo Día	1994	10	Zacatecas	Zacatecas - Durango Km. 45+800	00544	MEX-045
38 El Realito	1994	10	Tamaulipas	Matamoros - Reynosa Km. 17+500	28077	MEX-002
39 Yorosú	1994	10	Aguascalientes	Aguascalientes - Zacatecas Km. 19+000	00524	MEX-045
40 Río Corona	1994	10	Tamaulipas	Cd. Victoria - Monterrey Km. 23+000	00462	MEX-085
41 Samalayuca	1994	10	Chihuahua	El Sueco - Cd. Juárez Km. 327+300	08420	MEX-045
42 La Fortuna	1994	10	Guanajuato	Irapuato - León Km. 141+000	11123	MEX-045
43 Rebell	1994	10	Sonora	Hermosillo - Santa Ana Km. 159+300	26445	MEX-015
44 Termoelectrica	1994	10	Coahuila	Monclova - Piedras Negras Km. 215+000	05407	MEX-057
45 Rosarito	1994	10	B.C.	Tijuana - Ensenada (cuota) Km. 35+000	02100	MEX-001D
46 Puerto	1994	10	B.C.	Tijuana - Ensenada (libre) Km. 44+000	02099	MEX-001
47 Acatlán	1995	6	Colima	Acatlán - Colima (cuota) Km: 1+200 tramo Acatlán - T. Izq. Teocuitatlán	00118	MEX-054D

ESTACIÓN	AÑO	MES	ESTADO	UBICACIÓN	CLAVE	CAR RETERA
48 Los Pozos	1995	6	Colima	Acatlan - Colima (libre) Km: 10+000 tramo Acatlán - T. Izq. Teocuitatlán	00117	JAL-MEX-054D
49 Culiacán	1995	7	Sinaloa	Culiacán - Las Brisas (cuota) Km. 1+900	25503	MEX-015D
50 Antigua caseta	1995	7	Sinaloa	Culiacán - Los Mochis (libre) Km. 13+000 tramo Culiacán - Los Mochis	25502	MEX-015
51 El 147	1995	7	B.C.	Mexicali - Tijuana (cuota) Km. 147+500 tramo Tecate - Tijuana	02011	MEX-002D
52 Florido	1995	7	B.C.	Mexicali - Tijuana (libre) Km. 155+300 tramo Tecate - Tijuana	02082	MEX-002
53 Ventura	1995	7	S.L.P.	San Luis Potosí - Matehuala Km. 33+400 tramo San Luis Potosí - Tamazunchale	24508	MEX-057-080
54 Los Herrera	1995	7	Nuevo León	Monterrey - Reynosa (cuota) Km. 98+500 tramo Cadereyta de Jiménez - China		MEX-040D
55 Magdalena	1995	7	Sonora	Santa Ana - Nogales Km. 178+000	26446	MEX-015-002
56 Los Ramones	1995	7	Nuevo León	Monterrey - Reynosa (libre) Km. 88+000 tramo T. Der. Dolores - T.izq. Los Ramones	00088	MEX-040
57 Alto del Mulato	1995	7	Coahuila	Saltillo - Torreón Km. 13+100 tramo saltillo - Plan de Ayala	05086	MEX-040
58 La Piedad	1995	7	Michoacán	Irapuato - Guadalajara (libre) Km. 79+400 tramo Pénjamo - La Piedad	00114	MEX-090-110
59 Churintzio	1995	8	Michoacán	Morelia - Guadalajara (cuota) Km. 338+000 tramo Panindícuaro - Churintzio		MEX-015D
60 Cd. Acuña	1995	8	Coahuila	Morelos - Cd. Acuña Km. 100+700 tramo T.der. Piedras negras - cd. Acuña	05061	MEX-002
61 El Pueblito	1995	8	Michoacán	Morelia - Jiquilpan Km. 96+000 tramo Zacapú - Carapan	16029	MEX-015
62 El Retorno	1995	8	Guerrero	Iguala - Chilpancingo (conces) Km. 238+000 tramo Iguala - Chilpancingo	00045	MEX-095D
63 Zumpango	1995	8	Guerrero	Iguala - Chilpancingo (libre) Km. 209+300 tramo ent. Milpillas- Chilpancingo	12044	MEX-095
64 Trinidad	1995	8	Veracruz	Córdoba - Veracruz Km. 25+700 tramo Córdoba - La Tinaja		MEX-150D
65 La Luz III	1995	8	Veracruz	Córdoba - ent. Boticaria (libre) Km. 33+000 tramo Cuitlahuac - T. La Tinaja	30525	MEX-150
66 Prieto	1995	9	S.L.P.	Cd. Valles - Tampico	'00138	MEX-070
67 San José	1995	10	Hidalgo	Pachuca - Tulancingo Km. 40+000 tramo T. Der. Venta de carpio - Tulancingo	13112	MEX-130
68 Champotón	1996	9	Campeche	Francisco Escárcega - Champotón Km 80+000 tramo T.der. Ulumal - Champotón	04103	MEX-261
69 Villamar	1996	9	Campeche	Cd. Del Carmen - Campeche Km. 132+000 tramo Cd. del Carmen - Champotón	04065	MEX-180
70 Rancho el Rodano	1996	10	Veracruz	La Tinaja - Santa Cruz Km. 18+000 tramo Mata redonda - tierra blanca	30153	MEX-145
71 Cosamaloapan	1996	10	Veracruz	La Tinaja - Minatitlán Km. 60+925 tramo La Tinaja - Cosamaloapan		MEX-145D
72 Cd. Lerdo de Tejada	1996	10	Veracruz	Paso del toro - Acayucan Km.80+850 tramo Buenavista Santiago Tuxtla	30527	MEX180
73 La Ventosa	1996	10	Oaxaca	La Ventosa - Tapanatepec Km.00+200 Tramo La Ventosa - Tapanatepec	20059	MEX-190
74 El viejón	1996	10	Veracruz	Poza Rica - Veracruz Km. 176+000 tramo Nautla - Cardel	30146	MEX-180
75 Calpulaipan	1996	10	Tlaxcala	Los Reyes - Zacatepec Km. 60+925 tramo Hueyotlipan - Apizaco	00052	MEX-138-136
76 Atlacomulco	1996	10	Edo. México	Toluca - Palmillas Km. 56+100 Km. Ixtlahuaca - Atlacomulco	00496	MEX-055
77 Coixtlahuaca	1996	11	Oaxaca	Cuacnopalan - Oaxaca Km. 142+300 tramo Coixtlahuaca - Nochixtlán	20059	MEX-190

ESTACIÓN	AÑO	MES	ESTADO	UBICACIÓN	CLAVE	CAR RETERA
78 Telixtlahuaca	1996	11	Oaxaca	Tehuacan - Huitzo Km. 200+000 Tramo Cuicatlán - Huitzo	00211	PUE-MEX-135
79 San Francisco	1997	9	Tamaulipas	Ciudad Valles - Ciudad Victoria	00509	MEX-085
80 San Ignacio	1997	9	Yucatán	Mérida - Progreso	31091	MEX-261
81 Caseta de cobro Paso Morelos	1997	9	Guerrero	Cuernavaca - Acapulco (cuota)	00045	MEX-095D
82 Teya	1997	9	Yucatán	Mérida - Puerto Juárez	00067	MEX-180
83 Buenavista	1997	9	Quintana Roo	Reforma Agraria - Puerto Juárez	23132	MEX-307
84 Zumpango	1997	9	Guerrero	Iguala - Chilpancingo	12044	MEX-095
85 Centenario	1997	10	Quintana Roo	Francisco Escárcega - Chetumal	00093	MEX-186
86 San Marcos	1997	10	Edo. México	México - Puebla (cuota)	00450	MEX-150D
87 Los Angeles	1997	10	Hidalgo	México - Pachuca	00431	MEX-085
88 La Ventosa	1997	10	Oaxaca	Coatzacoalcos - Salina Cruz	00147	MEX-180-185
89 PEMEX	1997	10	Oaxaca	Oaxaca - Tehuantepec	20507	MEX-190
90 Anzalduas	1997	10	Tamaulipas	Reynosa - T.C. (Carr. Monterrey - Nuevo Laredo)	28076	MEX-002
91 Casa Blanca	1997	10	Coahuila	Monclova - Piedras Negras	05407	MEX-057
92 Imuris	1997	10	Sonora	Agua Prieta - Imuris	26079	MEX-002
93 Los Charcos	1997	10	Durango	Entronque la Zarca - Hidalgo del Parral	00488	MEX-045
94 Ejido Michoacán	1997	11	B.C.	Mexicali - San Felipe	02096	MEX-005
95 Ejido Monterrey	1997	11	B.C.	Sonoita - Mexicali	00081	MEX-002
96 El Llano	1997	11	B.C.S.	La Paz - Ciudad Insurgentes	03101	MEX-001
97 Santo Tomás	1997	11	B.C.	Ensenada - San Quintín	02098	MEX-001
98 Caseta Tepotzotlán	1997	11	Edo. México	México - Querétaro (cuota)	00411	MEX-057D

**ANEXO B. VOLUMENES DE TRANSITO EN ESTACIONES
MEDIDAS EN LOS AÑOS 1991-1997**

Año	No. de estación	Vehículos Encuestados	Vehículos prom. Diario	% flujo horario promedio diario observado		
				Máximo	Mínimo	Rango
1991	1	2945	736	5.3%	3.3%	2.1%
	2	10044	2511	5.9%	1.7%	4.1%
	3	11052	2763	5.3%	2.0%	3.3%
	4	7511	1878	5.5%	2.9%	2.6%
	5	25503	6376	5.0%	3.0%	2.0%
	6	11578	2895	5.2%	2.7%	2.6%
	7	11735	2934	5.4%	1.8%	3.6%
	8	15791	3948	5.3%	2.6%	2.6%
	9	8375	2094	6.0%	1.4%	4.5%
	10	12827	3207	5.3%	2.1%	3.2%
1993	14	6661	1665	6.0%	2.8%	3.2%
	15	5324	1331	6.9%	0.8%	6.0%
	16	4290	1073	5.8%	1.1%	4.7%
	17	6419	1605	6.0%	1.6%	4.4%
	18	6672	1668	5.7%	2.2%	3.6%
	19	7931	1983	5.3%	2.3%	3.1%
1994	20	3911	978	7.3%	0.8%	6.5%
	21	6302	1576	6.2%	1.1%	5.0%
	22	5019	1255	7.5%	0.9%	6.7%
	23	8148	2037	5.9%	1.5%	4.4%
	24	5442	1361	4.6%	1.2%	3.4%
	25	14112	3528	5.5%	1.0%	4.5%
	26	5431	1358	6.1%	2.4%	3.8%
	27	20922	5231	7.2%	1.6%	5.6%
	28	8561	2140	7.3%	1.1%	6.2%
	30	7718	1930	6.4%	2.5%	3.9%
	31	13290	3323	5.1%	2.5%	2.5%
	32	5857	1464	5.7%	2.3%	3.4%
	33	5189	1297	6.2%	1.6%	4.6%
	34	2166	542	7.4%	0.5%	6.9%
	35	687	172	7.7%	1.2%	6.6%
	36	13724	3431	5.8%	2.6%	3.2%
	37	9885	2471	5.5%	2.6%	2.9%
	38	4355	1089	6.8%	1.0%	5.8%
	39	7508	1877	6.3%	1.8%	4.5%
	40	4807	1202	6.1%	1.7%	4.4%
	41	4688	1172	6.2%	1.3%	4.9%
	42	14906	3727	6.0%	2.3%	3.7%
	43	5838	1460	5.5%	2.1%	3.4%
44	4513	1128	7.4%	0.3%	7.2%	
45	1562	391	8.2%	0.7%	7.5%	
46	3225	806	8.5%	0.3%	8.2%	

Año	No. de estación	Vehículos Encuestados	Vehículos prom. Diario	% flujo horario promedio diario observado		
				Máximo	Mínimo	Rango
1995	47	1504	376	6.1%	2.0%	4.1%
	48	5701	1425	6.6%	1.4%	5.2%
	49	3373	843	6.3%	2.3%	4.1%
	50	5080	1270	6.3%	1.2%	5.1%
	51	687	172	8.0%	0.9%	7.1%
	52	5745	1436	7.6%	0.6%	7.0%
	53	13441	3360	4.8%	3.6%	1.2%
	54	425	106	6.1%	1.9%	4.2%
	55	4908	1227	6.2%	1.4%	4.7%
	56	6326	1582	6.2%	2.1%	4.1%
	57	7121	1780	5.1%	2.6%	2.4%
	58	13664	3416	5.9%	2.3%	3.6%
	59	231	58	9.1%	0.4%	8.7%
	60	2106	527	9.4%	0.1%	9.3%
	61	3226	807	6.7%	1.3%	5.3%
	62	276	69	6.5%	2.2%	4.3%
	63	4857	1214	5.7%	2.6%	3.2%
	64	484	121	6.4%	2.5%	3.9%
	65	10951	2738	5.2%	3.0%	2.2%
66	6474	1619	6.4%	1.1%	5.3%	
67	11133	2783	5.7%	2.4%	3.3%	
1996	68	3266	817	5.2%	2.8%	2.4%
	69	1143	286	6.3%	1.9%	4.4%
	70	11577	2894	4.9%	3.4%	1.4%
	71	868	217	5.9%	2.2%	3.7%
	72	3828	957	6.5%	2.0%	4.5%
	73	5340	1335	5.8%	2.0%	3.8%
	74	3512	878	5.9%	1.8%	4.0%
	75	21028	5257	5.8%	2.9%	2.9%
	76	10796	2699	7.7%	0.7%	7.0%
	77	1591	398	5.9%	2.6%	3.3%
	78	883	221	6.6%	0.9%	5.7%

Año	No. de estación	Vehículos Encuestados	Vehículos prom. Diario	% flujo horario promedio diario observado		
				Máximo	Mínimo	Rango
1997	79	5120	1280	5.8%	2.8%	3.0%
	80	3843	961	7.3%	1.3%	6.0%
	81	359	90	7.0%	0.8%	6.1%
	82	4251	1063	6.6%	1.5%	5.1%
	83	1591	398	6.2%	1.6%	4.6%
	84	5464	1366	5.7%	2.5%	3.2%
	85	1260	315	6.6%	1.8%	4.8%
	86	12241	3060	5.4%	3.1%	2.3%
	87	8038	2010	7.9%	1.4%	6.5%
	88	5672	1418	5.9%	2.2%	3.7%
	89	3735	934	7.4%	1.2%	6.3%
	90	2671	668	7.9%	0.6%	7.3%
	91	4555	1139	7.8%	0.5%	7.4%
	92	3073	768	5.8%	2.3%	3.5%
	93	501	125	6.6%	0.8%	5.8%
	94	4733	1183	9.6%	0.1%	9.5%
	95	6441	1610	6.5%	1.4%	5.1%
	96	1183	296	7.2%	0.9%	6.3%
97	2911	728	6.0%	1.4%	4.6%	
98	49045	12261		5.1%	3.1%	2.0%

ANEXO C. CLASIFICACIÓN Y ASIGNACIÓN DE C2 EN GRUPOS.

De las bases originales del Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional se clasificaron los vehículos por tipo de servicio para cada uno de los años en que se realizaron las encuestas y en cada una de estas bases de datos obtenidas se realizó un análisis visual de la distribución por medio de histogramas y polígonos de frecuencia, los cuales son una herramienta muy utilizada en estadística para establecer algunas hipótesis rápidas y confiables que muestran el comportamiento general de todas las observaciones que se tiene como son: sus máximos y mínimos, moda, mediana, media, etc. que después se comprobaron al realizar los análisis de varianza.

Para hacer más preciso el análisis estadístico fue necesario dividir la configuración C2 en grupos en función de la tara. Las taras de los vehículos C2 se concentraron en un rango que iba desde poco menos de una tonelada hasta alrededor de las siete toneladas.

En el análisis visual de los histogramas y polígonos se realizó una comparación entre los vehículos por año y por tipo de servicio, además de la realización de gráficas múltiples identificando en la distribución de los vehículos C2 principalmente cuatro grupos, los cuales fueron los necesarios y suficientes para que no se perdiera información.

Hubo algunos histogramas en los que se identificaron dos grupos otros en los que se identificaron hasta seis grupos, se decidió clasificar a los C2 en cuatro grupos ya que si se hubieran tomado menos grupos, en alguno de ellos se tendría el problema original, es decir, no se tendrían bien clasificados los vehículos C2 y por el contrario, si fueran más de cuatro grupos algunos de ellos tendrían el mismo comportamiento y habría redundancia en los resultados y hasta confusión en su interpretación.

Una vez que para los C2 se identificaron los cuatros grupos, se procedió a ubicar a cada uno de los vehículos en cada uno de los grupos definidos por la siguiente tabla:

Taras de vehículos correspondientes a los cuatro grupos de C2. (En toneladas)

Configuración	Rango	Media	Desv. Est.	Rango 95% de confianza	
C2 Gpo 1	0.5-2.5	2.19	0.24	1.70	2.67
C2 Gpo 2	2.5-4.0	3.33	0.44	2.45	4.21
C2 Gpo 3	4.0-5.5	4.75	0.41	3.92	5.57
C2 Gpo 4	5.5-7.0	6.45	0.41	5.63	7.26

La siguiente tabla muestra algunos ejemplos de vehículos que caen en cada uno de los grupos en los que se dividió esta configuración.

Ejemplos de vehículos C2 correspondientes a la clasificación en cuatro grupos

C2 Grupo 1	Ford F150, F250 (pick ups)
C2 Grupo 2	Ford F350, F450 (camiones 3 ½ toneladas)
C2 Grupo 3	FREIGHTLINER FL60, FL 70 (camiones clase 6)
C2 Grupo 4	NAVISTAR 4700 (camiones clases 7 y 8)

Para la clasificación de los vehículos vacíos se formaron cuatro rangos la siguiente manera

$$(M_i - D_i, M_i + D_i)$$

donde,

M_i = Media del grupo i

D_i = Una desviación estándar del grupo i

Para la clasificación de los vehículos cargados los rangos utilizados se formaron de la siguiente manera

$$(M_i + D_i, M_{(i+1)} - D_{(i+1)})$$

donde,

M_i = Media del grupo i

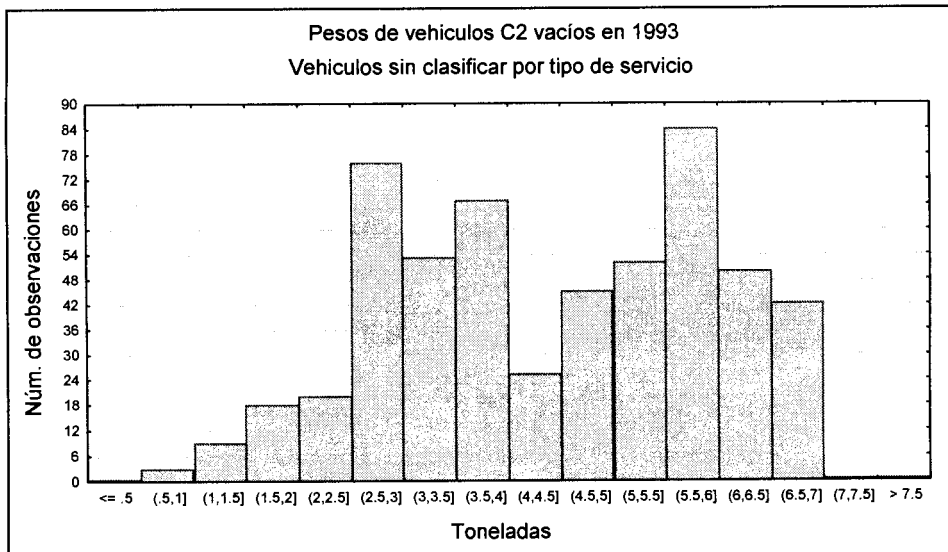
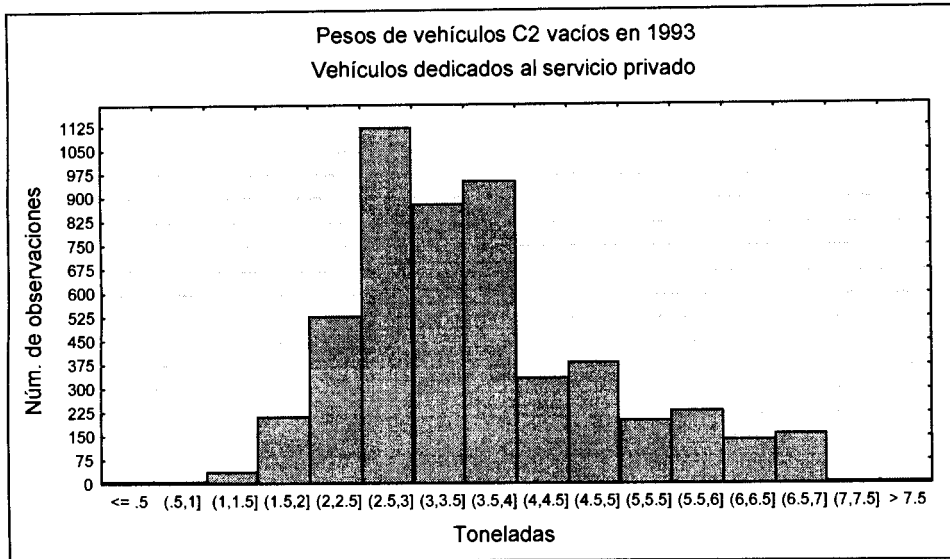
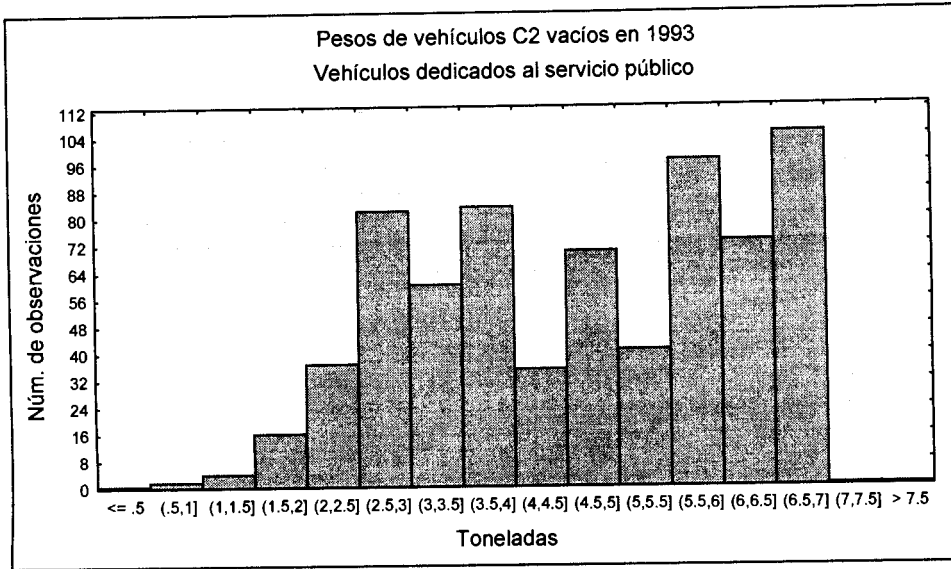
D_i = Una desviación estándar del grupo i

La clasificación de los Vehículos C2 en los cuatro grupos tiene como ventaja obtener información más detallada con respecto a la distribución del peso de la carga, al PBV de cargados y al PBV de sobrecargados así como un mejor manejo e interpretación de los resultados, ya que el grupo que nos dio mayor información fue el grupo 4 de los C2 en el cual se encuentran los vehículos mas cargados de esta configuración.

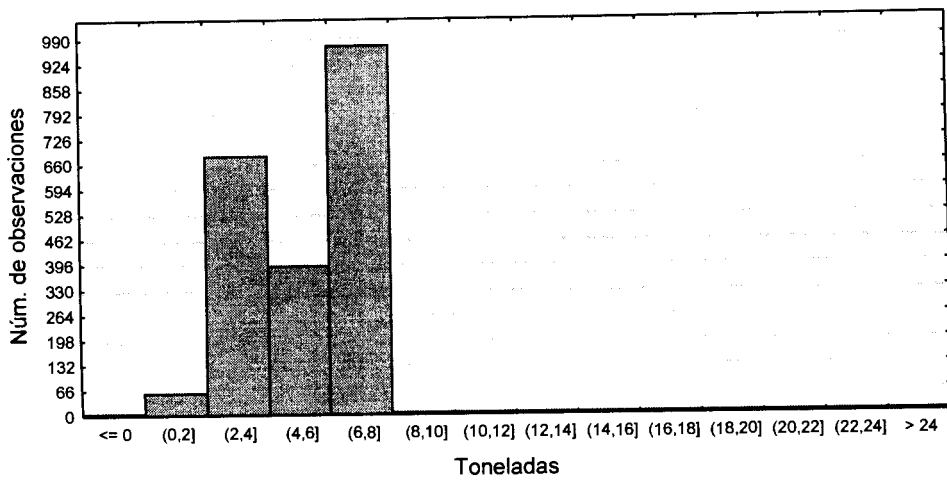
Sin embargo, esta metodología tiene la desventaja de que con esta clasificación se corre el riesgo de considerar un vehículo cargado dentro de un grupo inferior siendo un vehículo vacío de un grupo superior, por lo que el porcentaje de C2 vacíos podría ser mayor.

A continuación se muestran los diagramas de caja utilizados para la clasificación de los vehículos C2 en cuatro grupos.

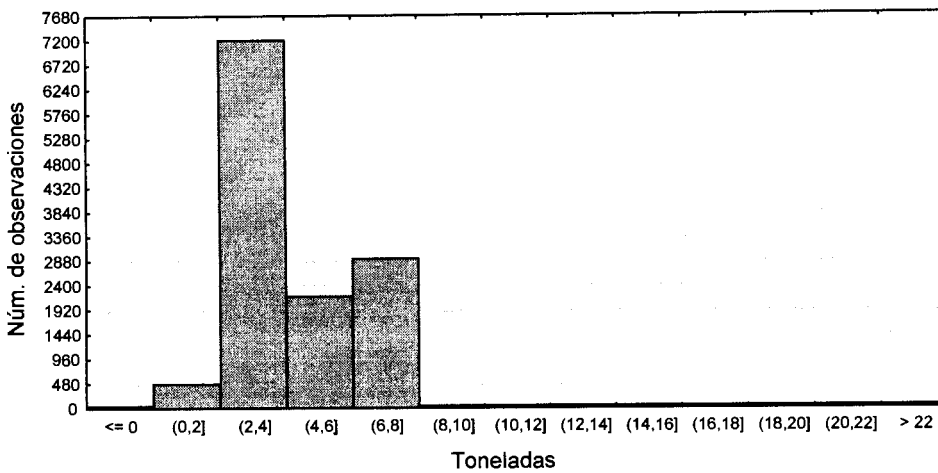
Histogramas de taras de vehículos C2



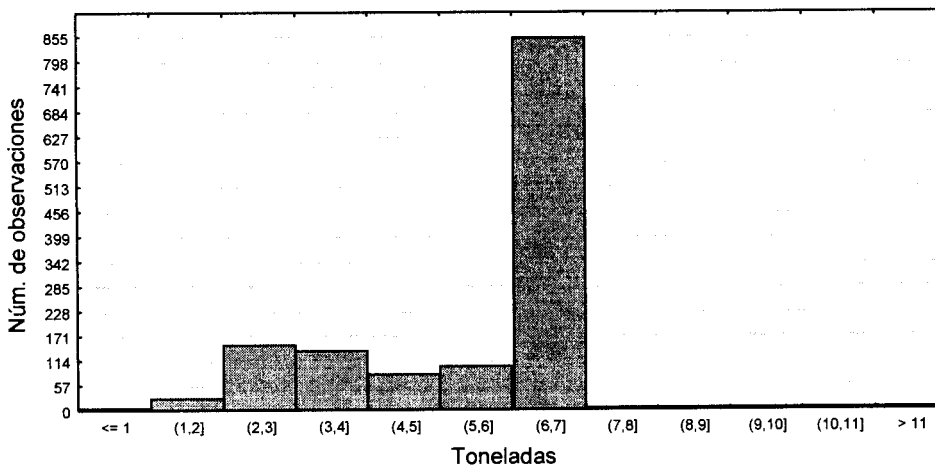
Pesos de vehículos C2 vacíos en la primera parte de 1994
Vehículos dedicados al servicio público



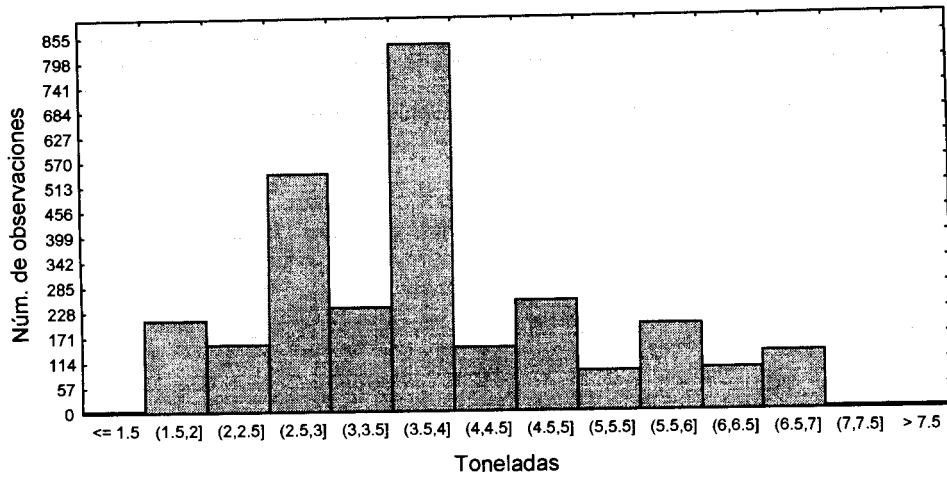
Pesos de vehículos C2 vacíos en la primera parte de 1994
Vehículos dedicados al servicio privado



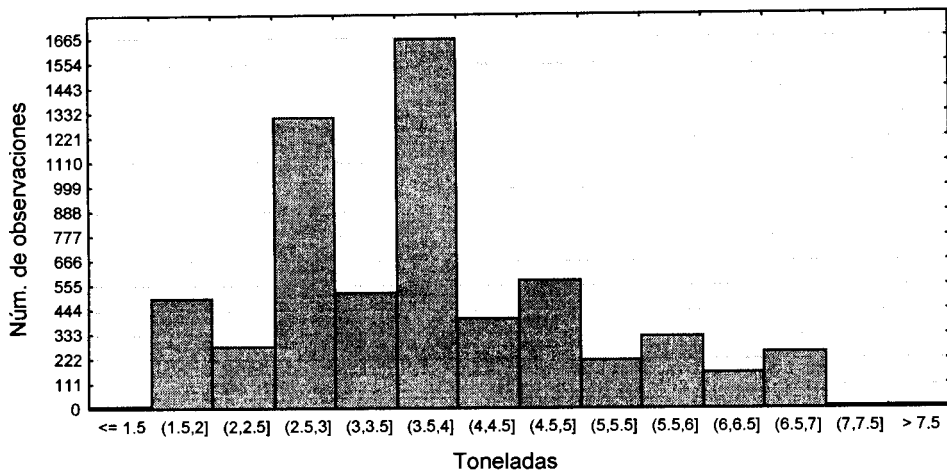
Pesos de vehículos C2 vacíos en la primera parte de 1994
Vehículos sin clasificar por tipo de servicio



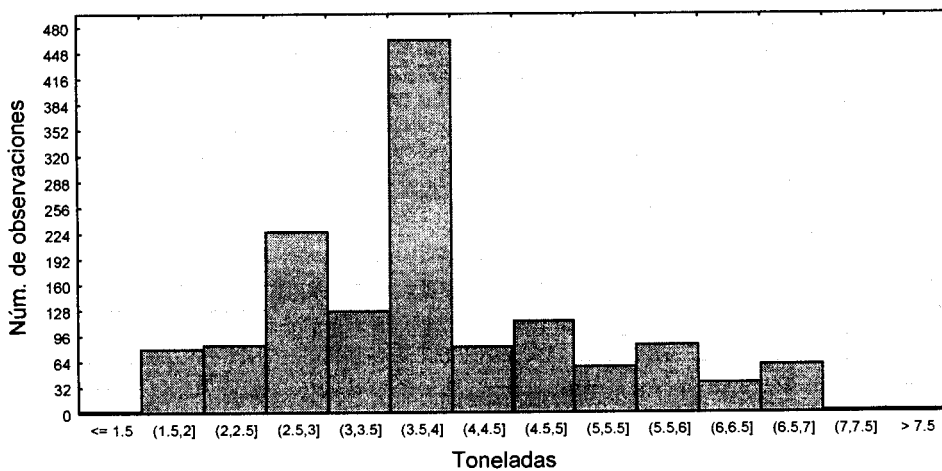
Pesos de vehículos C2 vacíos en la segunda parte de 1994
Vehículos dedicados al servicio público



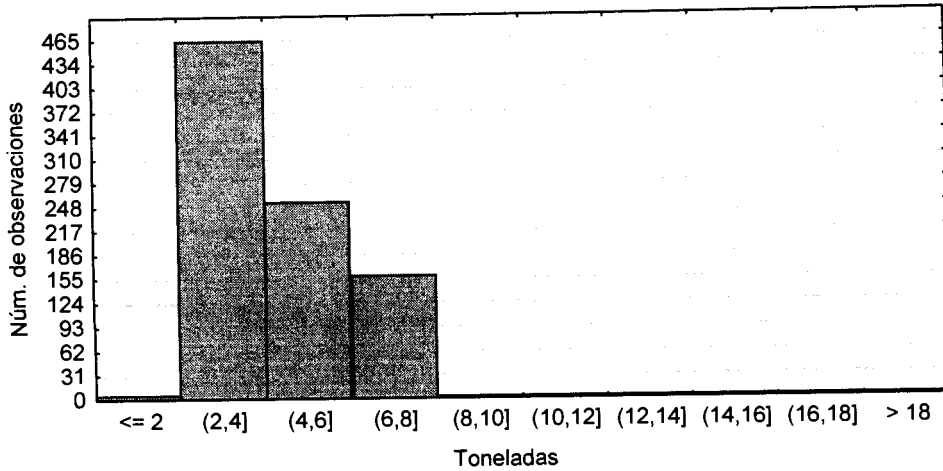
Pesos de vehículos C2 vacíos en la segunda parte de 1994
Vehículos dedicados al servicio privado



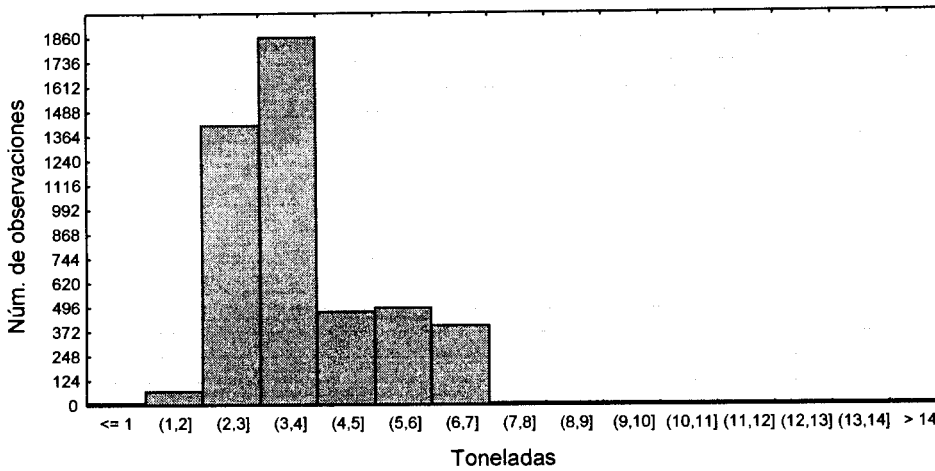
Pesos de vehículos C2 vacíos en la segunda parte de 1994
Vehículos sin clasificar por tipo de servicio



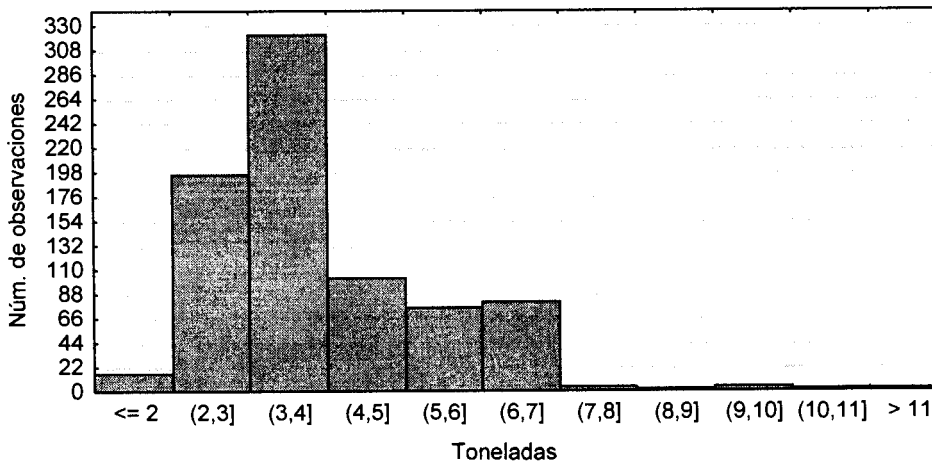
Pesos de vehículos C2 vacíos en 1995
Vehículos dedicados al servicio público



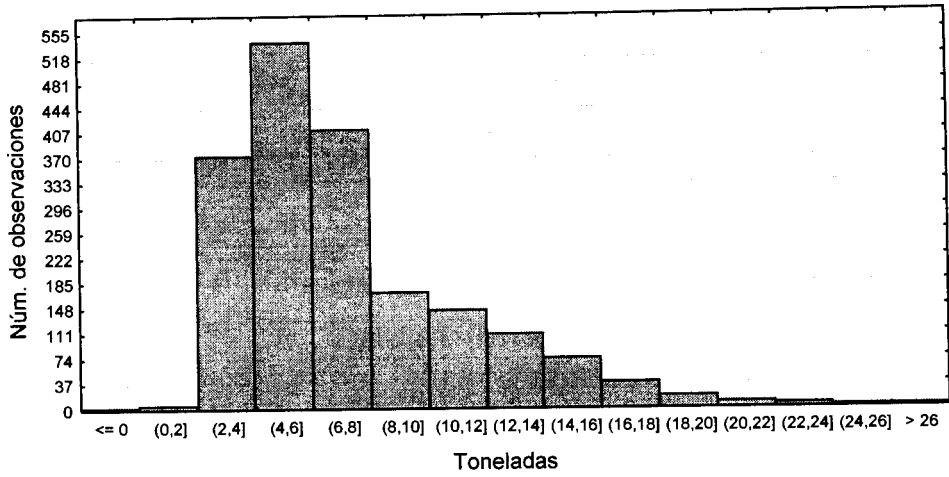
Pesos de vehículos C2 vacíos en 1995
Vehículos dedicados al servicio privado



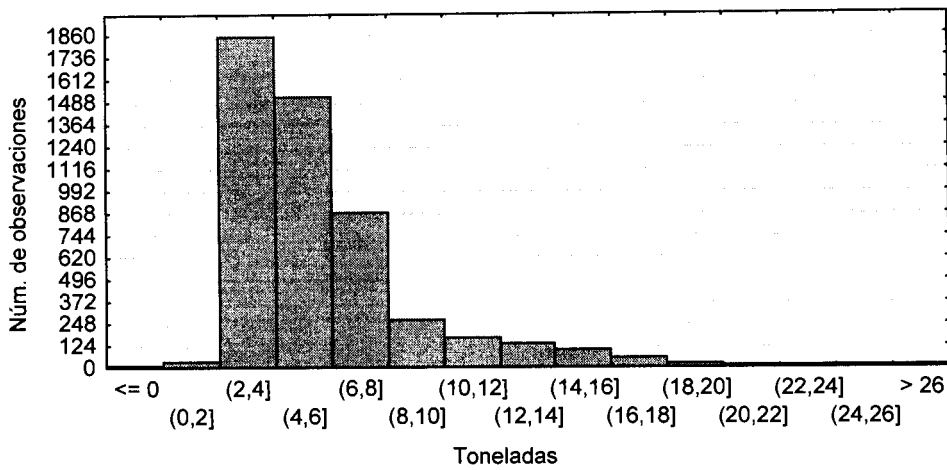
Pesos de vehículos C2 vacíos en 1995
Vehículos sin clasificar por tipo de servicio



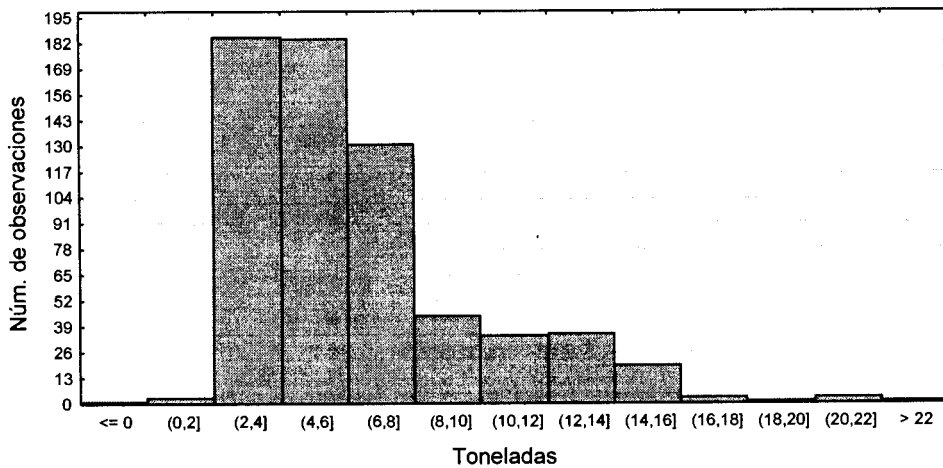
Pesos de vehículos C2 vacíos en 1996
Vehículos dedicados al servicio público



Pesos de vehículos C2 vacíos en 1996
Vehículos dedicados al servicio privado



Pesos de vehículos C2 vacíos en 1996
Vehículos sin clasificar por tipo de servicio



ANEXO D. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PBV DE VEHÍCULOS DE CARGA POR TIPO DE SERVICIO Y POR CONFIGURACIÓN VEHICULAR, AGRUPADOS POR CARRETERA.

Análisis de varianza para C2 grupo 1 de servicio público

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	0.1397	0.0140	1.03	0.416
Error	1191	16.1567	0.0136		
Total	1201	16.2965			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
pug1001	2	2.6742	0.0622	(-----+-----+-----+-----)
pug1002	35	2.6844	0.1151	(-----*-----)
pug1015	242	2.6783	0.1111	(--*--)
pug1040	50	2.6367	0.1123	(--*)
pug1045	203	2.6562	0.1302	(---*---)
pug1057	400	2.6622	0.1171	(--*)
pug1080	96	2.6660	0.1198	(*)
pug1085	59	2.6652	0.1103	(---*)
pug1150	70	2.6638	0.1021	(---*)
pug1180	31	2.6453	0.0941	(---*---)
pug1190	14	2.6334	0.1105	(---*---)

Combin DevSt = 0.1165

2.60 2.70 2.80

Análisis de varianza para C2 grupo 1 de servicio privado

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	0.4413	0.0441	3.46	0.000
Error	5395	68.8573	0.0128		
Total	5405	69.2986			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
prg1001	83	2.6488	0.1111	(-----+-----+-----+-----)
prg1002	345	2.6415	0.1122	(-----*-----)
prg1015	1920	2.6665	0.1134	(---*---)
prg1040	477	2.6546	0.1094	(---*---)
prg1045	542	2.6758	0.1228	(---*---)
prg1057	451	2.6632	0.1126	(---*---)
prg1080	507	2.6523	0.1149	(---*---)
prg1085	194	2.6580	0.1023	(---*---)
prg1150	307	2.6750	0.1062	(---*---)
prg1180	316	2.6584	0.1152	(---*---)
prg1190	264	2.6569	0.1058	(---*---)

Combin DevSt = 0.1130

2.640 2.660 2.680

Análisis de varianza para C2 grupo 3 de servicio público

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	12.0989	1.2099	17.36	0.000
Error	2520	175.5908	0.0697		
Total	2530	187.6898			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
pug3001	76	5.9048	0.2097	(---*---)
pug3002	60	5.6377	0.2589	(---*---)
pug3015	512	5.6684	0.2740	(-*)
pug3040	97	5.6873	0.2658	(---*---)
pug3045	415	5.6139	0.2746	(*-)
pug3057	618	5.6401	0.2668	(*)
pug3080	97	5.5711	0.2504	(---*---)
pug3085	267	5.7950	0.2601	(-*)
pug3150	232	5.6303	0.2469	(-*)
pug3180	90	5.5927	0.2573	(---*---)
pug3190	67	5.6340	0.2476	(---*---)

Combin DevSt = 0.2640

5.55 5.70 5.85 6.00

Análisis de varianza para C2 grupo 3 de servicio privado

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	10.1532	1.0153	15.17	0.000
Error	6845	458.0304	0.0669		
Total	6855	468.1836			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
prg3001	188	5.7870	0.2665	(-----*-----)
prg3002	361	5.6087	0.2483	(---*---)
prg3015	1668	5.6266	0.2639	(-*)
prg3040	596	5.6691	0.2624	(---*---)
prg3045	927	5.6004	0.2559	(-*)
prg3057	574	5.6149	0.2747	(---*---)
prg3080	623	5.6157	0.2488	(---*---)
prg3085	564	5.7078	0.2741	(---*---)
prg3150	518	5.6319	0.2399	(---*---)
prg3180	473	5.6490	0.2453	(---*---)
prg3190	364	5.6180	0.2499	(---*---)

Combin DevSt = 0.2587

5.600 5.670 5.740 5.810

Análisis de varianza para C2 grupo 4 de servicio público

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	2081.2	208.1	13.83	0.000
Error	19248	289665.6	15.0		
Total	19258	291746.8			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
pug4001	365	11.601	4.263	(-----*-----)
pug4002	582	11.573	4.103	(---*-----)
pug4015	2434	11.963	5.057	(-*--)
pug4040	602	11.218	4.183	(---*-----)
pug4045	2451	11.865	4.364	(-*--)
pug4057	7007	11.806	3.128	(-*)
pug4080	389	11.241	3.769	(-----*-----)
pug4085	1169	11.435	4.466	(--*-----)
pug4150	2773	11.608	3.365	(-*--)
pug4180	1011	12.641	4.122	(---*---)
pug4190	476	12.984	4.094	(---*-----)

Combin DevSt = 3.879

11.20 11.90 12.60 13.30

Análisis de varianza para C2 grupo 4 de servicio privado

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	1838.0	183.8	9.71	0.000
Error	29365	555610.3	18.9		
Total	29375	557448.3			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
prg4001	705	11.103	4.079	(-----*-----)
prg4002	2171	10.980	3.999	(-----*-----)
prg4015	6485	11.576	5.569	(--*--)
prg4040	1558	11.110	4.875	(-----*-----)
prg4045	4130	11.349	4.031	(---*-----)
prg4057	4050	11.108	3.211	(--*-----)
prg4080	2409	11.795	4.193	(----*-----)
prg4085	1922	11.498	4.488	(-----*-----)
prg4150	2954	11.208	3.181	(---*-----)
prg4180	1770	11.732	4.239	(-----*-----)
prg4190	1222	11.510	4.008	(-----*-----)

Combin DevSt = 4.350

10.85 11.20 11.55 11.90

Análisis de varianza para C3 de servicio público

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	43379	4338	76.54	0.000
Error	27327	1548667	57		
Total	27337	1592046			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
put2001	253	19.295	7.778	(-----*-----)
put2002	962	19.598	9.160	(---*---)
put2015	3793	20.542	7.804	(--*)
put2040	2182	21.874	7.555	(--*)
put2045	3840	21.793	7.525	(*)
put2057	5742	19.867	7.059	(*)
put2080	1484	22.710	7.859	(--*)
put2085	1711	17.921	6.611	(--*)
put2150	4990	19.419	6.672	(*)
put2180	1585	22.001	9.855	(--*)
put2190	796	21.806	8.065	(--*---)

Combin DevSt = 7.528

18.0 19.5 21.0 22.5

Análisis de varianza para C3 de servicio privado

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	41932	4193	75.29	0.000
Error	17993	1002139	56		
Total	18003	1044071			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
prt2001	206	20.054	7.700	(-----*-----)
prt2002	864	18.019	7.543	(--*)
prt2015	3074	18.852	7.404	(*)
prt2040	1248	19.269	7.030	(--*)
prt2045	3569	21.108	7.580	(*)
prt2057	2964	18.750	6.810	(*)
prt2080	1462	22.901	7.985	(*)
prt2085	1125	17.452	6.823	(--*)
prt2150	2007	18.173	6.624	(*)
prt2180	1070	20.998	9.956	(--*)
prt2190	415	20.471	8.359	(--*---)

Combin DevSt = 7.463

18.0 20.0 22.0 24.0

Análisis de varianza para T3S2 de servicio público

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	208659	20866	171.38	0.000
Error	52125	6346235	122		
Total	52135	6554894			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
put8001	1668	32.16	11.57	(--*)
put8002	3562	36.23	13.89	(-*)
put8015	6803	33.28	11.19	(*)
put8040	3925	36.64	12.16	(-*)
put8045	5454	33.11	11.50	(*--)
put8057	13391	32.37	10.04	(*)
put8080	1380	35.97	11.81	(--*)
put8085	8370	30.89	8.04	(*)
put8150	4137	32.97	11.40	(*)
put8180	2326	38.18	14.80	(--*)
put8190	1120	35.71	11.70	(--*)

Combin DevSt = 11.03

-----+-----+-----+-----+-----
32.5 35.0 37.5

Análisis de varianza para T3S2 de servicio privado

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	48275	4828	36.73	0.000
Error	17320	2276251	131		
Total	17330	2324526			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
prt8001	473	32.30	10.26	(---*---)
prt8002	1311	34.29	13.97	(--*)
prt8015	2716	33.18	11.05	(-*)
prt8040	1461	36.50	10.97	(--*)
prt8045	3117	32.94	11.15	(-*)
prt8057	4414	32.14	10.75	(-*)
prt8080	561	36.30	12.48	(---*---)
prt8085	917	32.46	10.15	(--*)
prt8150	1454	32.20	11.51	(--*)
prt8180	583	38.65	14.77	(---*---)
prt8190	324	35.32	14.14	(---*---)

Combin DevSt = 11.46

-----+-----+-----+-----+-----+-----
32.5 35.0 37.5 40.0

Análisis de varianza para T3S3 de servicio público

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	435576	43558	183.66	0.000
Error	33001	7826526	237		
Total	33011	8262102			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
put9001	122	41.86	15.86	(-----*-----)
put9002	2498	51.28	16.83	(-*)
put9015	4077	47.08	15.47	(*)
put9040	5981	54.65	14.17	*
put9045	3890	49.51	16.93	(*)
put9057	5994	50.76	14.13	(*)
put9080	1255	52.56	17.02	(--*)
put9085	2305	41.84	13.80	(-*)
put9150	3957	44.99	15.15	(*)
put9180	1955	50.21	18.79	(*-)
put9190	978	49.17	14.38	(*-)

Combin DevSt = 15.40

40.0 45.0 50.0 55.0

Análisis de varianza para T3S3 de servicio privado

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	64728	6473	25.42	0.000
Error	7994	2035744	255		
Total	8004	2100473			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
prt9001	65	44.04	15.24	(-----*-----)
prt9002	436	45.57	17.20	(---*---)
prt9015	1003	43.92	15.53	(--*)
prt9040	873	52.34	15.95	(--*--)
prt9045	1805	48.33	16.47	(--*)
prt9057	1717	47.43	15.01	(-*)
prt9080	312	50.56	16.46	(---*---)
prt9085	551	45.56	14.18	(--*--)
prt9150	787	42.27	15.49	(--*)
prt9180	269	49.47	20.60	(-----*-----)
prt9190	187	44.63	17.32	(-----*-----)

Combin DevSt = 15.96

44.0 48.0 52.0

Análisis de varianza para T3S2R4 de servicio público

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	182230	18223	34.37	0.000
Error	4380	2322277	530		
Total	4390	2504507			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
put13001	8	57.28	22.77	(-----*-----)
put13002	370	61.77	24.06	(--*-)
put13015	414	60.98	19.84	(-*-)
put13040	491	73.17	21.48	(-*-)
put13045	549	65.39	22.15	(-*-)
put13057	702	62.44	20.28	(*-) (-----*-----)
put13080	87	67.72	20.81	(-*-)
put13085	426	55.72	19.61	(-*-)
put13150	525	57.51	21.23	(-*-)
put13180	595	75.53	32.12	(-*-)
put13190	224	67.50	22.15	(--*---)

Combin DevSt = 23.03

Análisis de varianza para T3S2R4 de servicio privado

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SS	MS	F	P
Factor	10	45828	4583	10.36	0.000
Error	2403	1063053	442		
Total	2413	1108881			

Intervalo indiv. al 95% para medias
Basado en Combin DevSt

Carret	N	Media	DevSt	
prt13001	6	47.79	25.61	(-----*-----)
prt13002	210	57.05	24.42	(--*-)
prt13015	405	54.97	19.55	(-*-)
prt13040	164	59.09	21.63	(-*-)
prt13045	342	65.40	20.98	(-*-)
prt13057	585	54.97	19.13	(-*-)
prt13080	68	61.52	19.54	(-----*-----)
prt13085	106	55.39	18.75	(--*---)
prt13150	370	55.03	21.40	(-*-)
prt13180	126	67.85	27.51	(-----*-----)
prt13190	32	56.29	21.75	(-----*-----)

Combin DevSt = 21.03

LITERATURA CITADA

- Acha, J.A. y G. Manzo-García; “Traffic data collection and use in the mexican interurban road network (presentation)”; North American Travel Monitoring Exposition and Conference; Middleton, Wisconsin; U.S.A.; 2000
- Castillo, M., A. Mendoza y J.L. Gutiérrez H; “Estudio de pesos y dimensiones de los vehículos de carga que circulan sobre las carreteras nacionales. Análisis estadístico de la información recopilada en las estaciones instaladas en 1992 y 1993”; Documento técnico Núm. 17; Instituto Mexicano del Transporte (I.M.T.) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.); Querétaro, México; 1995.
- Durán, G. , J.L. Gutiérrez y A. Mendoza; “Estudio de pesos y dimensiones de los vehículos de carga que circulan por las carreteras nacionales. Análisis estadístico de la información recopilada en las estaciones instaladas en 1994”; Documento técnico Núm. 18; Instituto Mexicano del Transporte (I.M.T.) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.); Querétaro, México; 1996.
- Figliozzi M. A., R. Harrison y J.P. McCray; “using weight in motion data to calibrate trade-derived estimates of mexican trade trucks in texas”; ”; Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board No. 1719 Transportation data, statistics and information technology; Transportation Research Board; National Research Council; U.S.A.; 2000
- Fletcher, D.R.; “Geography as an integrating tool?” (presentation); North American Travel Monitoring Exposition and Conference; Middleton, Wisconsin; U.S.A.; 2000
- Flinner, M. “Traffic data quality (TDQ) Pooled fund study update (presentation)”; North American Travel Monitoring Exposition and Conference; Middleton, Wisconsin; U.S.A.; 2000

- Furth P.G., K.L. Killough and G.F. Ruprecht; "Cluster sampling techniques for estimating transit patronage"; Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board No. 1165 Transit management and replacement capital planning; Transportation Research Board; National Research Council; U.S.A.; 1988
- García G. y M.A. Backhoff; "Los sistemas de información geográfica y el transporte"; Publicación técnica Núm. 32; Instituto Mexicano del Transporte (I.M.T.) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.); Querétaro, México; 1992.
- González, O., J. Deantes y J. Pérez, "Devaluación y transporte en la frontera norte. Efectos en los flujos por sentido". Publicación técnica No. 87; Instituto Mexicano del Transporte (I.M.T.) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.); Querétaro, México; 1996.
- Gutiérrez, J. L. y A. Mendoza; "Estudio estadístico de campo del autotransporte nacional. Análisis estadístico de la información recopilada en las estaciones instaladas en 1997"; Documento técnico Núm. 21; Instituto Mexicano del Transporte (I.M.T.) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.); Querétaro, México; 2000.
- Gutiérrez, J. L., A. Mendoza y P. Dontchev; "Estudio estadístico de campo del autotransporte nacional. Análisis estadístico de la información recopilada en las estaciones instaladas en 1995 y 1996"; Documento técnico Núm. 20; Instituto Mexicano del Transporte (I.M.T.) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.); Querétaro, México; 1999.
- Haining, R. y S. Wise; "Exploratory Spatial Data Analysis"; Department of Geography, University of Victoria; 1997; Canadá
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, "Anuario de Estadísticas por Entidad Federativa". INEGI, 1999, México.

Iwasaki, M.; “Empirical analysis of congested traffic flow characteristics and free speed affected by geometric factors on an intercity expressway”; Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board No. 1320 Highway operations, capacity and traffic control; Transportation Research Board; National Research Council; U.S.A.; 1991

Kleinbaum, D., K. Lawrence, K. Muller and A. Nizam. “Applied regression analysis and other multivariable methods”; U.S.A.; 1988.

Lupa M.R., S.P. Yoder, R. Padgett and P.S. Sriraj; “Formulation of a transportation problem by using existing data. Case study in Northeastern Illinois”; Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board No. 1160 Improving transportation data. Planning and administration; Transportation Research Board; National Research Council; U.S.A.; 1999

Mendoza, A. y A. Cadena; “Estudio de pesos y dimensiones de los vehículos que circulan sobre las carreteras mexicanas. Análisis estadístico del peso y las dimensiones de los vehículos de carga que circulan por la red nacional de carreteras, estaciones instaladas durante 1991”; Documento técnico Núm. 8; Instituto Mexicano del Transporte (I.M.T.) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.); Querétaro, México; 1992.

“Minitab Reference Manual” Minitab Inc.; U.S.A.; 1996

“Norma oficial mexicana que regula las especificaciones técnicas, características y métodos de prueba de placas, calcomanías de identificación y tarjetas de circulación para automóviles, autobuses, camiones, motocicletas y remolques matriculados en la República Mexicana”; Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); México; 1994.

Pierce, B.K. and J.G. Kinaterder; "Incorporating geographic correlation when sampling a transportation network"; Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board No. 1665 Statistical methods in transportation and safety data analysis for highway geometry, design and operations. Safety and human performance; Transportation Research Board; National Research Council; U.S.A.; 1999

Rascón, O., M. Barousse y G. Ventura; "Análisis normativo y estadístico de cargas vivas en puentes en México"; Publicación técnica Núm. 97; Instituto Mexicano del Transporte (I.M.T.) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.); Querétaro, México; 1997.

"Reglamento sobre el peso, las dimensiones y la capacidad de los vehículos de autotransporte de pasajeros, exclusivo de turismo y de carga que transiten por el Sistema Nacional de carreteras de Jurisdicción Federal"; Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); México; 1994.

"Reglamento sobre el peso, las dimensiones y la capacidad de los vehículos de autotransporte de pasajeros, exclusivo de turismo y de carga que transiten por el Sistema Nacional de carreteras de Jurisdicción Federal"; Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); México; 1997.

Sen, A.; "Robust data" presentation; North American Travel Monitoring Exposition and Conference; Middleton, Wisconsin; U.S.A.; 2000

Simkowitz, H.J.; "Geographic Information Systems: an important technology for transportation planning and operations"; Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board No. 1236 Transportation data 1989; Transportation Research Board; National Research Council; U.S.A.; 1989

Sisiopiku V.P., N. M. Roupail and A. Santiago; “Analysis of correlation between arterial travel time and detector data from simulation and field studies”; Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board No. 1457 Highway operations, capacity and traffic control; Transportation Research Board; National Research Council; U.S.A.; 1994

Spiegel, Murray. “Estadística”; Segunda edición; Mc Graw Hill – Serie Schaum; Chile; 1997.

Washington, S. “Conducting statistical test of hipoteses. Five common misconceptions found in transportation research”; Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board No. 1665 Statistical methods in transportation and Safety data analysis for highway geometry, design and operations. Safety and human performance; U.S.A.; 1999